

Kísérletek vezető
polimerekkel

(Dr. Inzelt György)

Néhány gondolat az
atomszerkezet oktatásáról

(Zagyi Péter)

Érdekességek a kémia
történetéből IV.

(Dr. Szalay Tibor)

X. ÉVFOLYAM 2002

1

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István
A szerkesztő munkatársai:
Kósó Katalin
Németh Veronika
Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B
Tel.: (62) 470-101,
FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.
Felelős kiadó: Török Zoltán
Tördelőszerkesztő: Forró Lajos
Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió
6701 Szeged, Pf. 301
Éves előfizetési díj: 980 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:
Szeged, Csongrádi sgt. 73.
Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő
valamennyi cikket szerzői jog
védi. Másolásuk bármilyen
formában kizárólag a kiadó
előzetes írásbeli engedélyével
történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden
Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Kísérletek vezető polimerekkel

Dr. Inzelt György egyetemi tanár,
ELTE Szerveskémiai Tanszék

Nagy sikerű továbbképzés Kőszegen

Dr. Tóth Zoltán egyetemi docens,
Debreceni Egyetem Természettudományi Kar,
Kémia Szakmódszertani Részleg

A jó öreg bőfőgő

Cyőrfi Anna IV. éves matematika-kémia szakos hallgató,
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Néhány gondolat az atomszerkezet oktatásáról

Zagyi Péter IV. éves kémia-földrajz szakos hallgató,
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

A ragasztókról I.

Fésűs Bernadett általános iskolai tanár, Budapest

Érdekességek a kémia történetéből IV.

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

Konferenciabeszámoló

Dr. Tóth Zoltán egyetemi docens,
Debreceni Egyetem Természettudományi Kar,
Kémia Szakmódszertani Részleg

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Inzelt György

Kísérletek vezető polimerekkel



A vezető polimerek könnyen előállítható és tanulmányozható anyagok. E közleményben néhány olyan kísérletet írunk le, amelyek tanári demonstrációs vagy tanulókísérlet keretében egy átlagosan felszerelt iskolában is elvégezhető. A polianilint és a polipirrolt érdemes kiválasztani, mert jelenleg ezek a legfontosabb polimerek, a kiindulási anyag olcsó, a szintézis nem különösebben bonyolult, az elektromos vezetés változása jól mérhető, a színváltozás pedig szép látványt nyújt.

Szükséges anyagok:

pirrol, anilin, desztillált víz, vas(III)-klorid-oldat, 1 mol · dm⁻³ H₂SO₄ vagy HCl oldat; 0,5-1 mol · dm⁻³ KCl, NaCl vagy Na₂SO₄ oldat; fém Zn vagy más erős redukálószer; ammónium-hidroxid, ammónium-perszulfát, K₂Cr₂O₇ vagy K₃[Fe(CN)₆], ragasztó.

Eszközök:

Petri-csésze, alufólia, szűrőpapír, tölcser, főzőpohár, digitális multiméter 0,1–2 M Ohm ellenállás mérésére, platina, arany vagy In₂O₃-SnO₂ (ITO üveg), 2 db 1,5 V-os elem, 1 db változtatható, 10⁵ Ω-os ellenállás. (Arany elektródként használhatunk aranyozott CD lemezt is, amelyről szerves oldószerekkel a fedő lakkreteget előzetesen eltávolítjuk.)

1. A pirrol kémiai polimerizációja

Két alufóliacsíkot papírragasztóval ragaszunk egy Petri-csésze aljára úgy, hogy a közöttük lévő rés kicsi legyen, de ne érintkezzenek. (Ellenőrizzük a multiméterrel, hogy valóban nincs vezetés, tehát érintkezés köztük. Mutassuk be azt is, hogy az üveg nem vezet. Az alufóliacsíkok kissé lógjanak ki a Petri-csészeből, mert így egyszerűbb lesz a vezetésmérésnél krokodilcsipeszt

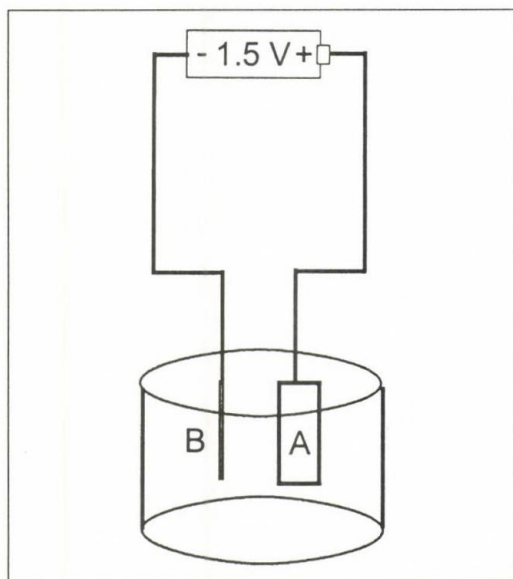
kapcsolni hozzájuk. Nem probléma persze az sem, ha a multiméter két vezetékének végét egyszerűen csak rányomjuk a mérendő felület két pontjára.) Öntsünk kb. 3%-os pirrololdatot a két alufólia közötti részbe. (A pirrol koncentrációja nem kritikus, ha töményebb, gyorsabban keletkezik polimer. Használhatunk 3%-os vizes vagy kb. 0,5-1 mol · dm⁻³ KCl-et tartalmazó vizes pirrololdatot. Lehetőleg desztillált, szintelen pirossal dolgozzunk, de az enyhén színes pirrol – amelyben már pirrol-oligomerek is jelen vannak – is megfelelő.) Egy másik Petri-csésze aljára is öntsük az oldatunkat úgy, hogy az ott vékony rétegben szétterüljön. Egy vagy több vékony szűrőpapírcsíkot is itassunk át a pirrololdattal. Ezután az előkészített tömény (1-2 mol · dm⁻³) vizes – esetleg a hidrolízis elkerülésére enyhén savanyított (0,1 mol · dm⁻³ HCl) – FeCl₃ oldatot pipettával adagoljuk a két alufólia közötti részbe, ugyancsak kb. 1:1 térfogatarányban öntsük a FeCl₃ oldatot a másik Petri-csészébe (enyhén keverjük), illetve a pirossal átitatott szűrőpapírcsíkokat húzzuk keresztül FeCl₃ oldaton. Mindhárom rendszerünkben azonnal látszik a polipirrol képződését jelentő először sötétzöld, majd fekete színű anyag leválása. A polimerizáció kb. 10-60 perc alatt lejártszódik (az időtartam a koncentrációk függvénye). Ezután az oldhatatlan anyagot többször mossuk desztillált vízzel a FeCl₃ eltávolítása végett. A polipirrol jól tapad, tehát az alufólia közé felvitt anyagról leönthetjük az oldatot, majd a mosófolyadékot.

A másik Petri-csészeből az anyagot le is szűrhetjük, és a szűrőn végezzük a polimerből az egyéb komponensek kimosását. A szűrőpapíron marad a fekete színű polimer. A szűrőpapírcsíkokat is öblítsük ki. Az anyagunkat hagyjuk megszáradni levegőn. A további kísérleteket

a következő órán végezzük a már száraz anyaggal. Ha még aznap használni akarjuk, infravörös lámpával gyorsíthatjuk a száradást.

2. A polianilin kémiai polimerizációja

A polianilin készítéséhez ugyanazokat az eszközöket használjuk, mint a polipirrol esetén. Az alapvegyület anilin – lehetőleg desztillált, szintelen legyen, de halványsárga anilin még használható –, amelyet $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kénsav viz-es oldatában oldunk fel. (Először fehér kiválást észlelünk, majd az anilinsó lassan feloldódik.) Oxidálószerként $0,1\text{--}0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ammónium-perszulfátot, kálium-dikromátot, kálium-hexacianoferrát(III)-ot, esetleg cérium(IV)-szulfátot használunk. Ez a reakció is ugyanúgy, szobahőmérsékleten könnyen végbemegy. Savas oldatban a jól vezető, sötétzöld színű, protonált emeraldin forma keletkezik. A mosás, szárítás művelete szintén megegyezik a polipirrolnál leírtakkal.



1. ábra

A legegyszerűbb elrendezés elektrolízis (elektropolimerizáció) céljára: főzőpohárban lévő oldatba merülő két elektród, amelyeket egy galvánelemből csatlakoztatunk. Az A elektród (anód): SnO_2 , $\text{In}_2\text{O}_3\text{--SnO}_2$, Pt, Au; a B elektród (katód): Pt vagy Cu.

3. Vezetésmérések

Azt tapasztaljuk, hogy a két alufóliacsík között vezetést tudunk mérni. Ugyanúgy vezet bármilyen kis darab polipirrol vagy polianilin, illetve a polimerrel borított szűrőpapír.

Tehát valóban olyan anyagokhoz jutottunk, amelyek szilárd, száraz állapotban vezetnek (elektronvezetők). (Amíg elektrolitoldat van jelen, tehát még nem mostuk ki és szárítottuk meg az anyagunkat, természetesen mérünk vezetést. Ilyen vezetést akkor is mérnénk, ha maga az anyag szigetelő lenne, hiszen egyszerűen az elektrolitoldat vezetését (ionvezetést) mérnénk.) Már önmagában az is érdekes, hogy szerves polimer vezető anyaghoz jutottunk – hiszen polimerekről régebben, mint tipikus szigetelőkről beszéltünk –, de ami különösen figyelemreméltó az az, hogy ez a vezetés egyszerű kémiai behatásra megfordíthatóan megváltoztatható. (Egy rézdrót is jól vezet, ellenállása is megnövelhető például a hőmérséklet emelésével, de ha a teljes többszáz kémiai úton átalakítjuk, például oxiddá, abból a fémet ugyanolyan alakban visszanyerni gyakorlatilag lehetetlen.)

3.1. Ammóniaérzékelő

A polianilin vezetése ammónia hatására jelentős mértékben változik. Kapcsoljunk egy multimétert a két alufóliára, amelyeket polianilin réteggel kötöttünk össze! Mérjük meg a vezetést! Majd a Petri-csészét tegyük nyitott ammónium-hidroxidos üveg fölé, vagy más módon engedjük föléje ammóniagázt. A mért ellenállás megnövekszik. Az ammónia-utánpótlás megszüntetését követően – kiszellőztetés után – az eredeti ellenállásértéket kapjuk vissza. A reverzibilis folyamat mindkét irányban annál gyorsabb, minél kevesebb polianilinnel dolgozunk; vékony film könnyebben telítődik ammóniagázzal, illetve az ammónia deszorpciója is gyorsabb.

3.2. A vezetés megváltoztatása pH változtatással

Ha a Petri-csészébe ammónium-hidroxid oldatot öntünk, a két alufóliacsík között lévő

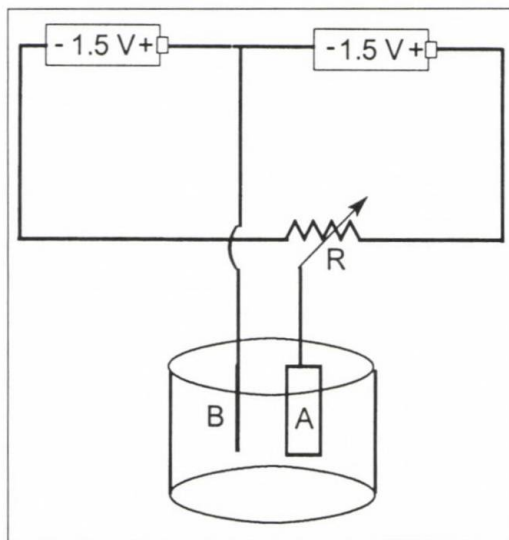
polianilin színe zöldről sötétkékre változik, és az ellenállása rendkívüli mértékben megnő, gyakorlatilag szigetelővé válik. Ennek magyarázata az, hogy csak a protonált, félig oxidált (emeraldin formájú) polianilin vezet, a bázikus alak (ezt jelzi a kék szín megjelenése) szigetelő. Sav hozzáadására megint vezetővé válik a polimer, a zöld szín is azonnal megjelenik. A kísérletet elvégezhetjük egy kis darab polianilin mintával is. Természetesen mindig a száraz anyag vezetését mérjük, tehát a lúgos vagy savas kezelés után mossuk ki desztillált vízzel a mintákat és szárítjuk meg azokat.

4. Polianilin, illetve polipirrol előállítása elektrokémiai oxidációval, valamint a redoxi átalakulásokat követő színváltozások tanulmányozása

A polianilint és a polipirrolt ellenőrzött módon elektropolimerizációval állíthatunk elő az alapmolekulából. Ugyanazokat az oldatokat használhatjuk, mint amit a kémiai polimerizáció esetén, tehát 3% anilin $0,5\text{--}1\text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ kénsavban (használhatunk sósavat is), illetve 3%-os pirrololdat $0,5\text{--}1\text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl oldatban (itt mindenképpen szükséges elektrolit a vezetés biztosítására, de KCl helyett használhatunk NaCl, Na_2SO_4 vagy híg savoldatot is).

Legkedvezőbb eset, ha rendelkezésre áll egy potenciosztát – vagyis olyan eszköz, amellyel a munkaelektrod potenciálját állandó értéken tudjuk tartani –, akkor $+0,6$, $+0,7$ vagy $+0,8\text{ V}$ (telített kalomelektrodhoz viszonyítva) potenciálon válik le a polianilin, illetve a polipirrol platina, arany vagy átlátszó $\text{In}_2\text{O}_3\text{--SnO}_2$ (ITO) elektródon. Még jobb eredmény érhető el, ha a potenciált polianilin esetén $-0,2$ és $+0,8\text{ V}$, míg polipirrol esetén $-0,3$ és $+0,8\text{ V}$ között lineáris potenciálprogrammal ciklikusan változtatjuk (ciklikus voltammetria). E módszert előző közleményünkben leírtuk [1]. Egy régi polarográf is használható a fenti célra. Az elektropolimerizáció folyamatát bármikor leállíthatjuk az áramkör megszakításával. Ezt célszerű is idővel megtenni, mert a redoxifolyamatokat követő színváltozás túl vastag polimerfilmek esetén már lassúvá vá-

lik. Egy kb. 100 nm vastagságú film színe már jól látható az elektród felületén, mert a polimer fényelnyelő-képessége igen nagy. Mivel potenciosztát a legtöbb iskolában nem áll rendelkezésre, a kísérletet a legegyszerűbb áramforrás használatára ($1,5\text{ V}$ -os elem vagy akkumulátor) írjuk le, persze más áramforrás is használható. Állítsuk össze az 1. ábrán látható elrendezést! Az áramkör zárása után az anódon leválik a polianilin, amelyet annak megjelenő zöld színe jelez. A növekedés sebességétől függően $10\text{--}20$ perc után hagyjuk abba az elektrolízist. Ha a polaritást megcseréljük, a polianilin réteg elszíntelenedik (legfeljebb halvány sárga szín látható). Ekkor a réz is oldódhat – hiszen most ez az anód –, de ez nem igazán zavar a jelenség megfigyelésében, mert ahogy elszíntelenedik a polimerreteg, azonnal meg is szakíthatjuk az áramkört. Ha az oxigént nem űzzük ki az oldatból – inert gáz átbuborékolatásával –, akkor a polianilin lassan visszanyeri a színét, mert a jelenlévő oxigén újra oxidálja a redukált polianilint. A kísérleteket elvégezhetjük úgy is, hogy az anilint vagy pirrolt tartalmazó oldatot alapelektrolitra cseréljük (tehát monomert nem tartalmazó H_2SO_4 vagy KCl oldatra); a redoxi-át-



2. ábra

Két galvánelemet alkalmazó elektrolízis cella
 $R = 10^5\ \Omega$ -os változtatható ellenállással.

Az elektródok azonosak az 1. ábrán felsoroltakkal.

alakulás és a színváltozás ugyanúgy megfigyelhető, hiszen a már kialakult polimerfilmet redukáljuk, illetve oxidáljuk; ehhez pedig elég az alapelektrolit jelenléte. Katódként nyugodtan lehet kevésbé nemes fémeket (pl.: rezt) választani, sajnos az anódnak, amelyre a polimer leválik, nemesfémnek (Pt, Au) vagy nem oldódó oxidnak (SnO_2) kell lennie, mert 0,6–0,8 V-on más fémek már oldódnak, így ez lesz a fő elektród folyamat, nem az elektropolimerizáció. Az elektropolimerizáció jobban szabályozható, illetve az anód-katódcseré egyszerűbben megvalósítható, ha a 2. ábrán bemutatott kapcsolás szerint 2 db galvánelemet és egy változtatható ellenállást használunk. Ennek az elrendezésnek segítségével nemcsak a teljesen redukált, illetve teljesen oxidált forma tanulmányozható, hanem az emeraldin, félig oxi-

dált állapot is, amelyet köztes potenciálon tudunk létrehozni.

Az aranyon vagy platinán létrehozott polimert kémiai is tudjuk redukálni. A sötétzöld színű polimer elszíntelenedik (halványsárga színt észlelünk), ha az elektródot erős redukálószerrel (pl.: Zn/HCl , aszkorbinsav) tartalmazó oldatba mártjuk.

Remélem, hogy a szép, látványos, de egyszerű és veszélytelen kísérletek felkeltik a tanulók érdeklődését ezen anyagok iránt, amelyeknek előreláthatólag nagy gyakorlati jelentőségük lesz a 21. században [1].

Irodalom

[1] Inzelt Gy.: Vezető polimerek előállítása, tulajdonságaik és alkalmazásuk, A Kémia Tanítása 2000. 5.

Dr. Tóth Zoltán

Amit minden kémiatanárnak látnia kell Nagy sikerű továbbképzés Kőszegen

Július 2–5. között harmadik alkalommal került megrendezésre a Vas Megyei Pedagógiai Intézet által szervezett „Környezetbarát, olcsó kísérletek injekciós fecskendővel a kémia-oktatásban” című tanfolyam (indítási engedély száma: XXV/3/45/2000.) a kőszegi Jurisich Miklós Gimnáziumban. Az ország minden részéről és még Ausztriából is 26 tanár élvezhette az osztrák „showman”: Viktor Obendrauf, a 16. Nemzetközi Kémiaoktatási Világkonferencia (Budapest, 2000) legsikeresebb plenáris előadója, valamint segítője, Ralf Becker lenyűgöző és igen szellemes kísérleteit, a szervező-vendéglátók: Mátrai István és felesége, Ica, Bancsó Andrea, továbbá a szinkrontolmács Oroszné Kupi Teréz vendégszeretét, mindenre kiterjedő gondoskodását.

A továbbképzés 4 órás blokkokból épült fel: az első 2 órában Viktor Obendrauf mutatta be

a részben általa kidolgozott kísérleti technikákat, majd ezt követően mindenki – a tanfolyamon kapott – saját felszerelésével kipróbálhatta a kísérleteket. A látott-elvégzett kísérletek zöme gázok (hidrogén, oxigén, szén-dioxid, szén-monoxid, ammónia, hidrogén-klorid, nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid, kén-dioxid, kénhidrogén, metán, etilén, acetilén stb.) egyszerű, olcsó és veszélytelen előállításával, és a gázok további vizsgálatával kapcsolatosak voltak. A technika alapeszköze egy kémcsőből, gumidugóból, két injekciós tűből és két injekciós fecskendőből álló gázfejlesztő készülék. Mérgező gázok esetén a készlet kiegészül egy aktív szemes töltetet tartalmazó fecskendővel. Ezekkel az eszközökkel, néhány tized gramm, illetve néhány cm^3 anyagból kiindulva 60–100 cm^3 (3-5 fecskendőnyi) tiszta gázt lehet előállítani 1-3 perc alatt vegyifülke nél-

kül is. A kapott gázmennyiséggel akár tíz kísérletet is el lehet végezni néhány perc alatt. A kísérletek egy részét egyszerűségükönél fogva maguk a tanulók is elvégezhetik.

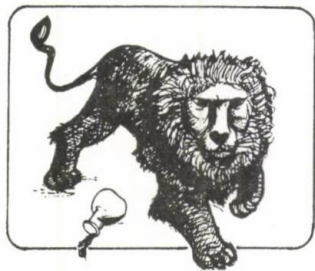
A továbbképzés bővelkedett lélegzetelállító „bűvészmutatványokban” is. Megtanulhattuk például a lángnyelést vagy egy felfújt lufi tűvel való átszúrását – és természetesen a mutatványok fizikai-kémiai magyarázatát is. A rendkívül lelkes és felkészült osztrák párostól számos olyan trükköt, fogást tanulhattunk, amelyet a kémiai kísérletezés során jól használhatunk. Ízelítőül néhány érdekesség: Etilént könnyen és olcsón állíthatunk elő polietilén-fólia (LDPE vagy HDPE) hevítésével, depolimerizálásával. A képződő gázt egy injekciós fecskendőben felfogva, pár perc alatt bemutatathatjuk tulajdonságait. Ammóniagázt könnyen fejleszthetünk, ha szilárd nátrium-hidroxidra tömény ammóniaoldatot csöpögtetünk. Két fecskendő segítségével egyszerűen szemléltethetjük az ammónia bomlását elemeire: Az egyik fecskendőbe ammóniagázt töltünk, majd két, egymásba tolt tű segítségével a fecskendő tartalmát átnyomjuk egy másik fecskendőbe, miközben a tűt gázlánggal hevítjük. A gáz átnyomását néhányszor megismételve láthatóvá válik a térfogat növekedése és pár perc múlva a térfogat duplázódása, jelezve, hogy az ammónia gyakorlatilag teljesen elemeire bomlott. A kapott gázban a hidrogént durranógáz-próbával mutathatjuk ki. Rendkívül látványos kísérlet a paraffingőzők robbanása tiszta oxigéngázban. Egy kis kémcsőben paraffint forralunk, majd a gőzbe egy injekciós fecskendőből megfelelő hosszúságú tűn keresztül oxigéngázt adagolunk. Éles csattanás és fényjelenség jelzi a reakciót. A termitreakciót magnéziumszalag vagy permanganátos gyújtókeverék híján csillagszóróval is beindíthatjuk. A konzervdobozban végrehajtott durranógáz-reakció egyike a legmegkapóbb kémiai kísérleteknek.

A hagyományos technikával azonban rendkívül lassan, nehézkesen és bizonytalan kimenetellel mutatható be. Mi ezt Kőszegen a következőképpen csináltuk: egy sószóróba tömény nátrium-hidroxid-oldatot töltöttünk, majd egy kb. 8×8 cm-es alufóliából gyúrt golyót dobunk bele. Pár másodperc múlva megindult a hidrogénfejlődés. A sószóróra ezután egy konzerves dobozt helyeztünk, amelyen pici (kb. 1 mm-es) lyuk volt. A lyukon kiáramló hidrogént meggyújtottuk. A robbanást kétszer-háromszor is meg lehetett ismételni. Megtanultuk továbbá, hogyan lehet piezoelektromos gyújtóval működő robbanószerkezetet készíteni egy öngyújtó, egy üres filmtároló doboz és két szál vezeték felhasználásával. Az elvégzett kísérletekről és a szükséges eszközökről részletes magyar nyelvű leírást, az otthoni munkához pedig szatyornyit anyagot, fecskendőt, kémcsövet, gumidugót stb. kaptunk.

Az élvezetes és bőséges szakmai program mellett volt lehetőségünk arra is, hogy egymással (ismerkedési est, búcsúvacsora) és Kőszeg nevezetességeivel is megismerkedhessünk. Mi résztvevők valamennyien élményekkel, tudással és ötletekkel feltöltődve jöttünk el Kőszegről.

Köszönet az előadóknak, a szervezőknek, a vendéglátóknak! Mindannyiunkban megfogalmazódott: ezt minden kémiatanárnak látni kellene!

A továbbképzésért 30 ezer forintot kellett fizetni, amely összeg magában foglalta a segédanyagokat, az étkezést és a szállást is. Ez csak úgy volt lehetséges, hogy a tanfolyamot az Osztrák–Magyar Alapítvány is jelentősen támogatta. Ha valakinek sikerült felkeltenem az érdeklődését, akkor a következő címen veheti fel a kapcsolatot a szervezőkkel: Mátrai István tanár úr, Jurisich Miklós Gimnázium, 9730 Kőszeg, Hunyadi J. u. 10. Tel./fax: 94/360.-131. E-mail: jmkga@rik.bdtf.hu



OROSZLÁNKÖRMÖK

Győrfi Anna

A jó öreg bőfögő

Bevezetés

Az új kémiai kerettanterv nagy súlyt fektet a kísérletezésre, a táblakémia helyett a láttatásra, ezért igen fontos, hogy a tanárnak minél szélesebb repertoárja legyen a jól használható kísérletekből. De milyenek is azok a jól használható kísérletek? A kerettanterv szerint először olyan kísérleteket kell végezni, melyeket a tanulók az órán hallottak segítségével értelmezni tudnak. Ha már sok bemutatót láttak, akkor önállóan, leírás alapján kell végrehajtaniuk könnyebb kísérleteket, illetve értelmezni azokat. A tehetséges gyerekeknél pedig a cél az önálló kísérlettervezés. De minden kísérletnek olyannak kell lennie, hogy a tanulók *tudják és akarják* is értelmezni, hiszen nem a passzív megfigyelés a cél, hanem a tanult ismeretek alkalmazása.

Nem mindig és nem minden témakörhöz könnyű olyan kísérletet találni, amely megfelel elvárásainknak: legyen hatásos, nem túl bonyolult, hogy a diákok értelmezni tudják és könnyen előkészíthető. Ehhez nyújthat segítséget a következő kísérlet, mely látványos, de ugyanakkor összetett, több témakörhöz is kapcsolható, mégis rövid és könnyen előkészíthető, mert nem igényel túl sok időt, anyagot és felszerelést. Nem javaslom, hogy a tanulók maguk végezzék el, de a kísérlet megfigyelve is élvezetes és tanulságos lehet.

A kísérlet leírása

A kísérlet, amely „A jó öreg bőfögő” nevet kapta, egy hőfejlődéssel, halmazállapot-változással és színes gáz fejlődésével járó, szilárd fázisú, heves kémiai reakciót mutat be. A reakció jó példája az exoterm és egyben redoxireakcióknak.

Anyagok és eszközök: 20 g $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 20 g HgCl_2 , 20 g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, nagy kémcső, kémcsőállvány kémcsőfogóval vagy egy 400 cm³-es főzőpohár, dugó a kémcsőhöz, elszívó.

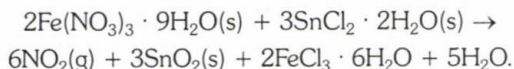
Végrehajtás

Óvatosan rétegezzünk egymásra azonos térfogatnyit (kb. 20 g-ot) a három sóból a nagy kémcsőbe úgy, hogy alulra kerüljön a $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, erre a HgCl_2 , végül a tetejére a $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, majd lazán zárjuk le a dugóval. Mutassuk meg a gyerekeknek, hogy három különálló szilárd réteg látható! Ezután erősen rázzuk össze a kémcső tartalmát, hogy a szilárd anyagok alaposan összekeveredjenek! Gyorsan vegyük ki a dugót, fogjuk be a kémcsövet állványba (vagy tegyük a 400 cm³-es főzőpohárba) és helyezzük az elszívó fülkébe. Néhány pil-

lanat múlva **a szilárd anyagok látszólag egy igen viszkózus sárga masszává olvadnak** (feloldódnak), **ami kiadás mennyiségű barna gázt** (NO_2) is „kibőfög” magából. A leglátványosabb eredményt akkor érhetjük el, ha régebbi, kissé „nedves” $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ -ot használunk. Kis mennyiségben ugyan, de hő is keletkezik, mutatva, hogy a reakció exoterm.

Magyarázat

A vizsgált „szilárd fázisú” reakció a következő egyenlet szerint mehet végbe:



Ha megfelelő méretű kémcsövet választunk és azzal arányos mennyiségű anyagokkal dolgozunk, akkor a keletkezett termékek lassan felmásznak a kémcső falán és lefolynak a külsőjén, miközben a $\text{NO}_2(\text{g})$ folyamatosan pöfög kifelé a kémcső száján. Amikor a reakció megszűnik, egy rendkívül kemény és törésálló terméket kapunk. Mégis az egész massa vízdoldható.

Természetesen az általános biztonsági szabályokat be kell tartani, többek között megfelelő védőszemüveget, hőálló kesztyűt és laborköpenyt kell viselni. Figyeljünk oda, hogy a kémcsövet ne dugjuk be túl szorosan, és senki felé ne irányítsuk a kémcső száját! A megfelelő szellőzés elengedhetetlen. A reakció megállítható, ha vízzel itatjuk át a reakciókeveréket.

Felhasználás lehetőségei

A kísérlet jól alkalmazható a kémiatanítás során, mert egyszerűsége ellenére sok témát felölel. Ha a 9. osztályos gimnáziumi kerettantervet végignézzük, akkor először bemutathatjuk a *termokémiánál*, a reakcióhő tanításakor, hi-

szen exoterm reakcióról van szó, de nem igazán ez a legmegfelelőbb alkalom, mert a kísérlet itt több, mint egyszerű exoterm reakció. Ezt a többletet azonban a gyerekekkel még nem lehet értelmezni. Mindemellett csalogó is a kísérlet, hiszen úgy tűnik, mintha a fejlődő hő hatására olvadnának meg a szilárd anyagok, holott inkább oldódásról, mint olvadásról van szó.

Sokkal alkalmasabb a kísérlet arra, hogy a *redoxireakciók* tanításakor mutassuk be, de ha már előzőleg végrehajtottuk, akkor is érdemes visszautalni, hiszen a reakció alkalmas arra, hogy gyakoroljuk az oxidáció, redukció, oxidálószer, redukálószer felismerését, a reakcióegyenlet segítségével pedig gyakorolhatjuk az oxidációs számok felírását, valamint az oxidációs szám-változáson alapuló egyenletrendezést. Ha nem mutattuk be előzőleg, akkor pedig a tanulóknak fel kell ismerniük, hogy itt redoxireakcióról van szó.

A kerettanterv nagy hangsúlyt fektet a környezetvédelemre és arra, hogy a diákok tisztában legyenek a kísérletekben felhasznált és keletkezett anyagok egészségügyi és környezeti hatásaival. A kísérlet ennek a célnak is eleget tesz. Fel kell hívni a tanulók figyelmét, hogy a keletkező NO_2 gáz mérgező, és emlékeztetni kell őket a higanyvegyületek veszélyességére is.

A kísérlet bemutatható mindhárom iskolatípus (gimnázium, szakközépiskola, szakiskola) 9. osztályában, hiszen mindenhol tanulnak a reakcióhőről és redoxireakciókról. Eltérés a kísérlet elemzésekor lehet.

Irodalom

- [1] A kísérlet forrása: C. Marvin Lang and Donald L. Showalter (Professors of Chemistry), Gary J. Shulfer (Instructional Specialist) „LEARNING CHEMISTRY CAN BE FUN” University of Wisconsin-Stevens Point 54481 University of Maryland-College Park, Maryland, USA 20 July 1992

Zagyai Péter

Néhány gondolat az atomszerkezet oktatásáról

A kerettanterv bevezetésének egyik fő célja a gimnáziumokban is az igen szélesre duzzadt ismeretanyag szűkítése, a készség- és képességjellegű követelmények előtérbe helyezése volt. Valóban úgy tűnik, hogy célszerűbb és helyesebb lenne kevesebb, ugyanakkor szerteágzóbb és a mindennapi élethez jobban kapcsolódó anyag tanítása, figyelembe véve azt a törekvést, hogy a gimnáziumi oktatás célja széles körű általános műveltség kialakítása.

A kémia manapság sajnos nagyon kedvezőtlen helyzetben van, amennyiben a diákok a legkevésbé kedvelt tantárgyak között jelölik meg. Ennek oka valószínűleg többek között éppen abban keresendő, hogy a tanulók nem látják, hogy miképpen használhatják fel itt megszerzett ismereteiket. A korszerű kémiaoktatásnak emiatt is figyelembe kell vennie a már említett általános szempontokat, ugyanakkor úgy gondolom, hogy **a gimnáziumi kémiaanyag semmiképpen sem alakulhat ezáltal holmi „konyhakémiává”**. Nézetem szerint mind a szervetlen, mind a szerves kémia, az anyagok tulajdonságainak és átalakulásainak ismerete egyaránt **szilárd általános kémiai (elméleti) alapokra kell, hogy épüljön**.

E ponton érkeztünk el a 9. osztályos kémiaanyag első, igen fontos részéhez, az atomszerkezethez. Tapasztalataim szerint ez a rész kritikus a négyosztályos gimnáziumokban folyó kémia-tanítás szempontjából:

1. Az atomszerkezet a „valóságtól”, a mindennapi élettől meglehetősen távolinak tűnő terület. Itt fokozottan jelentkeznek a kémiaoktatást jellemző, már említett problémák.

2. Minden további kémiai ismeret alapját képező témáról van szó, amelynek megértése rendkívül fontos, hiszen az atomszerkezet ismeretének szilárd alapja nélkül igen nehézké válhat a további anyagrészek elsajátítása. Ugyanakkor aki-nek már itt elmegy a kedve a kémiától, azt a későbbiekben már sokkal nehezebb lesz motiválni.

Pontosan ezek miatt nagyon lényeges kérdés az, hogy milyen módon lehet a kémia e száraznak és elvontnak tűnő részterületét érthetően és érdekesen bemutatni, rávilágítva fontosságára.

Véleményem szerint **a kémiatanár legfontosabb feladata e tekintetben (is) a tanulók érdeklődésének felkeltése és fenntartása**. Kihasnálva a gyerekek életkori sajátosságait, az elvontabb fogalmak és az elméletibb problémák iránti nagyobb fogékonyságot, tudatosítanunk kell bennük, hogy a **körülöttünk lezajló folyamatok**, beleértve a hétköznapiak nap mint nap észlelt jelenségeit a főzéstől a mosásig, **csak úgy érthetők meg igazán, ha ismerjük az anyag szerkezetét**. Hiszen minden létező anyag ugyanazokból az elemi részekből épül fel, mégis milyen hatalmas különbségek vannak a makroszkopikus tulajdonságokban. A hidrogén elég, a hélium nem; a terméskövet és az emberi agyat ugyanúgy protonok, neutronok és elektronok építik fel, utóbbival mégis érzünk, gondolkodunk stb. Már ez a két egyszerű példa is mutatja, hogy az alapvető összetevők „halmazza” szerveződése milyen izgalmas kérdés: olyan, amelynek ismerete nélkülözhetetlen a körülöttünk lezajló változások értelmezéséhez, de önmagában is rengeteg szépséget és titokzatosságot hordoz.

Úgy gondolom, a középiskolában a **kvantummechanikai atommodell** olyan szintű, kvalitatív tárgyalására van szükség, amellyel a legtöbb tulajdonság, tapasztalat, jelenség magyarázható. Miért folyékony a víz szobahőmérsékleten? Miért olyan értékes fém az arany? Miért jóddal fertőtleníti a sebet, s nem brómmal? Olyan kérdések ezek, amelyek nagyon is részei mindennapi életünknek, ugyanakkor egyszerű középiskolás szintű atomszerkezeti ismeretek birtokában jól megmagyarázhatóak. Tapasztalatból tudom, hogy milyen jó érzés az ilyen jól ismert tényekre tudományos magyarázatot találni. **Mi más lehet az atomszerkezet oktatásának célja, mint az, hogy a „felfedezés” öröme adjon a világgal ismerkedő fiataloknak?** Mert kétségtelen tény, hogy a XXI. században az anyag szerkezetének bizonyos szintű ismerete már az általános műveltség részét képezi, de azt pusztán önmagáért, alkalmazások nélkül tanítani vajmi keveset ér, emellett egyáltalán nem hatékony.

A korszerű kémiatanításban tehát kétös cél kell legyen a mindennapi élettel kapcsolatos, gyakorlati vonatkozások szélesebb körű tárgyalása, illetve azok szilárd atomszerkezeti alapon történő értelmezése, magyarázata. A kerettanterv komoly hibája e tekintetben az, hogy nem ad módot a szerves kémia atomszerkezeti alapon történő tárgyalására, s ezzel megfosztja a diákokat attól a lehetőségtől, hogy a szerves anyagok tulajdonságait, reakcióit atomi szerkezetük alapján, a kvantummechanikai atommodell ismeretében értelmezzék és rendszerezék.

A kérdés tehát az, hogy **milyen módszerek állnak rendelkezésünkre az atomszerkezet eredményes tanításához**, illetve milyen stratégiát kell követnünk ahhoz, hogy a tanulók megértsék, ugyanakkor meg is kedveljék a kémia e szép és fontos részterületét.

A tanulók általános iskolai tanulmányaik nyomán már tisztában vannak azzal, hogy az anyag alapvető alkotórésze az atom, s azt is tudják, hogy az milyen kisebb elemi részekből áll. A mélyebb tárgyalás előtt mindenképpen szük-

ségesnek látszik egy **tudománytörténeti áttekintés**, melyben a diákok megismerkedhetnek az anyag szerkezetéről alkotott kép fejlődésével az ókortól a XX. század elejéig. Szükséges ez egyrészt azért, mert nem volna szerencsés mindjárt a mély vízbe ugorva megkezdeni az anyag feldolgozását, másrészt pedig a tanulók bepillantást nyernek ezáltal a világról alkotott képünk változásának, fejlődésének folyamatába is. Az erről szóló órarészek mindenképpen oldottabbak, mesészerű elbeszélésekkel tarkítottak lehetnek. A témával kapcsolatban Korjakin: Az atom története című művében (Gondolat Bp.) olvashatunk érdekességeket.

Érdemes felhívni a figyelmet a **démokritoszi és a daltoni „oszthatatlan atom” felfogás különbözőségére**. A thomsoni „mazsolás kalács” után nagyobb figyelmet kell szentelnünk Rutherford modelljének, bemutatva, hogy egy jól megválasztott egyszerű kísérlet miként vezetett el egy új atomkép kialakulásához.

E modell már atommag körül keringő elektronokat feltételez. Jó analógiaként szolgál erre a Naprendszer. A Nap játssza az atommag, a bolygók az elektronok szerepét. A Naprendszerben a gravitáció, az atomban az elektrosztatikus kölcsönhatások tartják együtt a rendszert. Azonban a bolygók jól meghatározott sugarú pályán keringenek: alkalom nyílik itt e hasonlóság alapján érinteni Bohr modelljét, nevezetesen a kvantáltság kérdését. Természetesen a részletek mellőzésével így megvilágítható, hogy az elektron „távolsága”, így energiája csak bizonyos, jól meghatározott értékeket vehet fel.

A mag körül keringő elektron képének elképzelése nyomán felvetődhet a kérdés: az atom korong alakú? Itt esetleg lehetne beszélni a részecske-hullám dualizmusról, de úgy gondolom, hogy ez valószínűleg zavart okozna, hiszen a modell gyakorlatilag elvesztené szemléletességét. Inkább beszélhetünk – első közelítésben – gömbhéjon mozgó elektronról.

Az atom két fő részének – atommag és elektronburok – megismerésében véleményem szerint **az atommag tárgyalásának meg kell**

előznie az elektronburok részletezését, mivel szerintem könnyebben érthető, s ennek megértése mindenképpen biztatást jelent további ismeretek szerzéséhez.

Lényeges momentum **a magerők kérdése,** amelyek ismertetése bepillantást nyújt a modern részecskefizika titokzatos világába, s rámutat arra, hogy **a mikrovilág milyen jelentős mértékben különbözik az általunk érzékelt makrovilágtól.** Elképzelhetőnek tartom számos – a szokásos tananyagon túlmutató – érdekes témakör érintőleges tárgyalását is. Példaként az atommagok stabilitásának kérdését, a radioaktív bomlást, a részecskesugárzásokat vagy a magfúziót említhetem. Úgy vélem, ezen területek bemutatásának kevésbé az előismeretek hiánya, sokkal inkább a rendelkezésre álló idő szab határt.

Korunk egyik legfontosabb, de egyben titokzatos és félelmet keltő energiaforrása az atomenergia. A tanár feladata az, hogy minél alaposabban megismertesse a tanulókat e kérdéskörrel, s emiatt – a rendelkezésre álló időn belül – nem tartom lehetetlennek egy, az **atomerőművek működéséről szóló rész** beiktatását sem. Ez és a radioaktív izotópok gyakorlati felhasználása **a mindennapi élettel való** – sokat hangsúlyozott – **szoros kapcsolatot** példázza.

E témakörrel Marx György: Atommagközelben című könyvében (Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged) számos hasznos információt, érdekességet olvashatunk. E mű ajánlható a diákoknak is.

Itt jegyzem meg, hogy rendkívül fontosnak tartom, hogy az érdeklődőket el tudjuk látni koruknak megfelelő, de **igényes szakirodalommal,** hiszen a kémiaórák keretén belül nem lehetséges minden érdekes – vagy egyesek által érdekesnek talált – részterület tárgyalása. Számos olyan könyv jelent meg, amelyet a 14-16 éves diákok is haszonnal forgathatnak. A teljeség igénye nélkül Tóth Eszter, Holics László és Marx György Atomközelben c. (Gondolat, Bp.), Máthé János: Az anyag szerkezete c. (Műszaki Könyvkiadó, Bp.); P. W. Atkins Periódusos biro-

dalom c. (Kulturtrade, Bp.) vagy George Gamow: Tompkins úr kalandjai a fizikával c. (Gondolat, Bp.) művét említhetem meg.

Véleményem szerint az előbbi témakörnél lényegesen nagyobb nehézséget okoz az **elektronburok tárgyalása.** Eredményes tanításhoz az – ebben a korban adott – érdeklődés fenntartása és fokozása, a diákokra is átragadó lelkesedés, valamint az szükséges, hogy **az ismeretszerzés folyamatába a lehető legnagyobb mértékben bevonjuk a tanulókat,** ezáltal is fokozva a megismerés élményét.

A 7. osztályos kémia addig jut el az atomszerkezeti ismeretek tárgyalásában, hogy az elektronok héjakon keringenek, s az n-edik héjon összesen $2n^2$ darab elektron található. Mindenképpen utalnunk kell **Bohr modelljére,** mely a kvantummechanikai atommodell elődje, s az órán is a kiindulópontjául szolgálhat. Itt az az léphetünk tovább, hogy ismertetjük: az egyazon héjon található elektronok valójában tovább csoportosíthatók, mert sajátágaik nem azonosak. Ily módon vezethetjük be a „héj sorszáma” (= főkvantumszám) mellé a mellék- és mágneses kvantumszámot. Itt kell utalnunk arra, hogy az elektron nem lehet akármilyen „állapotban” az atomon belül, lehetőségei jól meghatározottak. Ki kell térni arra, hogy mit értünk állapot alatt: mozgása során leírt pályája alakját, illetve e pálya térbeli orientálódását. Mindenképpen meg kell maradni a **szemléletes kép** mellett, hiszen a téma elvontabb fogalmakkal még nehezebben emészthető lenne. Ily módon a mellékkvantumszám a különböző pályaalakfajták „sorszámait”, a mágneses kvantumszám pedig az egyes fajtákon belül a térbeli orientációt fogja jelenteni. Mindenképpen fel kell rajzolni, be kell mutatni ezeket az alakfajtákat, például egy egyszerű modell segítségével, amelyet léggömbök és kartonlapok felhasználásával készíthetünk el. A p-pályák esetén egy négyzet alakú lap két oldalára ragasztjuk a felfújt léggömböket, míg a d-pályák esetén két négyzet alakú lapot kell egymásra merőlegesen összecsisztatni, s a keletkező négy térfelületbe bera-
gasztani a léggömböket, „szájukkal” a közép-

pont felé fordítva. Célszerű elmondani és a modelleken bemutatni a **csomósík**, illetve a **csomófelület** fogalmát, mert ezek jó szolgálatot tehetnek az elektron energiájának, az elektronburok kiépülésének tárgyalásánál. (Megemlíthető, hogy az alakfajták éppen annak alapján vannak csoportosítva, hogy hány csomósíkkal, illetve csomófelülettel rendelkeznek. Ugyanis a mágneses kvantumszám térbeli orientációt jelölő volta a p-pályáknál még szemléletes, de a tanulók esetleg rákérdezhetnek arra, hogy mi a helyzet a d- és f-pályáknál; illetve a d-pályák rajzán észrevehetik, hogy azok nem teljesen azonosak.)

A spin – mint az elektron „saját” tulajdonságának – bevezetésével a **4 kvantumszám az egyes elektronok azonosító kódjaként szerepel**. Számos **analógiát** találhatunk erre a mindennapi életben. Például egy olyan lakótelep, ahol az egyes emeletes házakban lakásonként egy-egy házaspár lakik. Egy adott ember „főkvantumszáma” a házszám, „mellékkvantumszáma” az emelet sorszáma, „mágneses kvantumszáma” a lakás száma (mely ráadásul általában irányt is jelent), „spinkvantumszáma” pedig kétféle lehet: férfi vagy nő. Így módon az adott lakótelepen („atomban”) lakók mindegyike egyértelműen azonosítható, hiszen nincs két olyan ember, akinek minden „kvantumszáma” azonos. Így bevezethetjük a – különben eléggé elvont – Pauli-elvet. A gyerekek is könnyen rájönnek, hogy az egyértelmű azonosítás feltétele az, hogy egy lakásban csak két különböző nemű („spinű”) ember lakhat. Az atom tehát egy furcsa házból álló lakótelep, ahol az elektronok a lakók. Kialakul így a diákokban egy kép az atomban tartózkodó elektronok hierarchiájáról.

E témakör után térhetünk rá az **elektron energiájára**. A kémiai reakciókban többnyire atomba kötött elektronok vesznek részt. Az, hogy milyen folyamatban és mennyire szívesen, attól függ, hogy milyen erősen vannak kötve, azaz mekkora az energiájuk. Ezért a kézzelfogható jelenségek megértése szempontjából döntő jelentőségű, hogy a különböző állapotú elektronok energiája mekkora.

A gyerekek már tudják – de ezt nem árt többször hangsúlyozni –, hogy **az atomban mozgó elektron energiája nem tetszőleges, hanem kvantált**. A cél az, hogy kiderítsük: mitől függ ez az energia, s a már megismert atompályák energiasorrendje hogyan alakul.

Ennek érdekében a következőket kell elmondani:

1. Mivel az elektron és a proton között elektrosztatikus kölcsönhatás van, a távolság növekedésével csökken a vonzóerő, nő az elektron energiája.
2. Az elektron furcsa tulajdonsága, hogy szeretne minél nagyobb térrészben mozogni, minél nagyobb térrészt „betölteni”. Ennek a nem triviális tulajdonságnak a megvilágítására példát is hozhatunk. Egy ideges típusú, enyhén klausztrofóbiás ember például „energiaminimumát” akkor éri el, ha minél nagyobb terület áll rendelkezésére, ahol akadálytalanul kedvére rohangálhat.

Az elektron tehát egyrészt minél közelebb „szeret” lenni az atommaghoz, másrészt pedig azokat a pályákat „preferálja”, amelyeken mozgása minél kevesebb „akadályba” ütközik. A korábbiakban elmondottak alapján a diákok tudni fogják, hogy a pályák e két tulajdonságát a fő- és mellékkvantumszám jellemzi. Ennek alapján bevezethetjük a kvalitatív $(n+1)$ szabályt, amely kimondja, hogy növekvő $(n+1)$ értékhez az elektronpálya növekvő energiája tartozik. (Azonos érték esetén a nagyobb főkvantumszámhoz tartozik a nagyobb energia, ami kvalitatíve jelzi, hogy a magtól való távolság nagyobb súllyal esik latba.) Ki kell emelnünk továbbá, hogy a pálya orientációja – külső tér hiányában – nem befolyásolja a pálya-energiát, vagyis az azonos mellékkvantumszámú pályák degeneráltak.

Ezek után – az energiaminimum elvének ismeretében – a tanulók bevonásával hozzákezdhetünk az egyes atomok elektronszerkezetének felírásához. A borig semmilyen probléma nem merül fel, ám a szénatom esetén felvetődik a kérdés: a p-alhéjra „másodikként” belépő elektron az „elsővel” azonos vagy attól különböző?

ző mágneses kvantumszámú pályára lép-e. A szituáció az üres villamos „feltöltődéséhez” hasonló, s a gyerekek is valószínűleg megfigyelték már e jelenséget: az egyes székpárokra többnyire úgy helyezkednek el az utasok, hogy a lehető legtöbben legyenek „párosítatlanul”, vagyis egyedül egy székpáron. Eljuthatunk így a **Hund-szabályhoz**, melynek segítségével gyakorlatilag elhárultak az akadályok tetszőleges atom elektronszerkezetének felírása elől.

A megszerzett atomszerkezeti ismeretek első **alkalmazása** a korábbi tanulmányokból jól ismert **periódusos rendszer értelmezése** lehet. Érdekes feladat lehet az atomokat – elektronszerkezetük ismeretében – csoportosítani aszerint, hogy mekkora a legkülső elektron főkvantumszáma, illetve a „legutolsónak beépü-

lő” elektron milyen alhéjra kerül. Így a tanulók egy egyszerű táblázatot készíthetnek, ami nem más, mint a jól ismert periódusos rendszer. Ezáltal láthatják, hogy frissen szerzett tudásukkal máris értelmezhetik az atomoknak azt a rendszerét, amit Mengyelejev az elektronszerkezetről mit sem tudva, pusztán az elemek kémiai viselkedése alapján állított fel.

Ez lehet az első lépés az elektronszerkezet és a kémiai tulajdonságok közötti összefüggések felfedezése felé vezető gyönyörű úton.

A cikk a IV. éves „A kémia tanításának módszertana” című gyakorlat házidolgozatának alapján készült. Gyakorlatvezetőm dr. Wajand Judit egyetemi docens, akinek ezúton is szeretnék köszönetet mondani értékes tanácsaiért, építő megjegyzéseiről.

Fésűs Bernadett

„...és bekené azt gyantával és szurokkal...” avagy a ragasztókról I.

Az utcán sétálva gyakran olvashatjuk a feliratot:

Hirdetések felragasztása tilos!

Mi történik ilyenkor, a ragasztás során? Ez nem közismert dolog.

Természetesen mindenki találkozott már különféle ragasztóanyagokkal, de az nem olyan biztos, hogy ismerjük is működésüket annak ellenére, hogy szinte mindennap használjuk azokat. Az élet minden területén találkozunk ragasztott tárgyakkal, gyakran anélkül, hogy a ragasztás tényét érzékelnénk. Napjainkra a ragasztás művelete nélkülözhetetlenné vált, ezért mindenki felmerülhetnek bizonyos kérdések a ragasztókkal, illetve a ragasztással kapcsolatban:

– Mikor használtak először ragasztóanyagokat?

– Milyen anyagok alkotják?

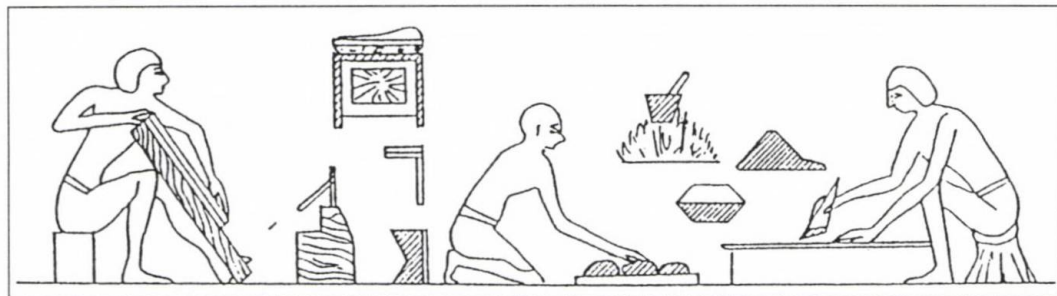
– Hogyan ragaszt a ragasztó?

– Mi alapján különböztetjük meg őket?

És még sorolhatnám a rengeteg kérdést. A válaszokat persze homály fedi. Ezt a ködöt szeretném valamelyest eloszlatni.

Történeti áttekintés

Ma már nehéz meghatározni, hogy az ember hány ezer évvel ezelőtt végezte az első ragasztást. Az első ragasztóanyagként használt gyantákat már a Biblia is említi. Az egyiptomi leírások sokféle kémiai anyag ismeretére utalnak. Így például a mézet, a tojásfehérjét és a növényi nedvek beszáradásával képződő gyanták több fajtáját ismerték és alkalmazták különböző célokra, például ragasztószerként. Az ókor folyamán a leghíresebb gyanta talán a mirrha



1. ábra
Egyiptomi sírkamrafestmény

volt, amit balzsamozáshoz gyakran használtak. Ragasztási műveleteket ábrázol az alábbi egyiptomi sírkamrafestmény (1. ábra).

A glutin- és kazeinenyv egyike a legrégebben ismert és felhasznált ragasztóanyagoknak. Az egyiptomi ásatásoknál talált enyvtáblák tanúsága szerint mintegy 4000 éve használatosak.

Az első ömledékragasztó a sellak, gyanta alapanyagú pecsétviasz volt, amely fontos dokumentumok lezárására szolgált. Az összeragasztott anyagok pedig növényi levelek, papírusz vagy állati bőrok voltak.

A középkorban született művekben számos kötőanyag előállításának módjáról olvashatunk, köztük a tojásfehérjéről, az enyvekről és egyes növényi gyantákról.

Az 1700-as évektől Angliában és Amerikában gyárak létesültek növényi és állati enyvek előállítására. A természetes eredetű ragasztóanyagok ipari megjelenése az 1800-as évek elején történt az iparilag fejlett országokban. Felendülést jelentett a szintetikus anyagok megjelenése, illetve időbeni késéssel azok ragasztásban való alkalmazása. (1. táblázat)

Ragasztóanyagok

A ragasztóanyagok olyan nemfémes anyagok, amelyek felületi tapadás (adhézió) és belső szilárdság (kohézió) révén szilárd anyagok összeerősítésére képesek anélkül, hogy közben az anyagok szerkezeti felépítése vagy eredeti tulajdonságai lényegesen megváltoznának. Ha az anyagok, anyaghalmazok összekötése ragasztással három dimenzióban történik, kötőanyagokról beszélünk. (A továbbiakban a ragasztóanyag és ragasztó fogalmak egymás szinonimájaként értendők.)

A ragasztókészítmények fő komponense a kötőanyag, de a ragasztókompozíciókban lehetnek oldószerek, hígítószerke, sűrítőszerke, töltőanyagok, pigmentek, tapadásgátlók, térhálosítók, lágyítók, stabilizátorok stb.

A ragasztóanyagok több szempont szerint osztályozhatók:

Eredet és kémiai felépítés szerint (2. ábra).

Megjelenési forma szerint:

– folyadék (oldat, szuszpenzió, emulzió, diszperzió),

Az anyag neve	A kifejlesztés éve	A felhasználás kezdeti éve
cellulóz-nitrát	1833	1910
fenolgyanták	1872	1912
karbamidgyanták	1918	1930
polikloroprén	1930	1930
epoxigyanták	1938	1939
ciano-akrilát ragasztók		1955

1. táblázat

- paszta (plasztiszol),
- szilárd anyag (por, granulátum, rúd),
- hab (habragasztó)
- hártya (műanyag fólia, film),
- nyomásra érzékeny ragasztószalag.

Komponensek száma szerint:

- egykomponensű ragasztók azok az ömledék-, oldószeres-, diszperziós és reaktív ragasztók, amelyek más komponensek hozzákeverése nélkül, önmagukban is használhatók,
- többkomponensű ragasztók több, egymástól külön tárolt komponensből álló ragasztóanyagok, amelyeknek alkotóit közvetlenül a felhasználás előtt keverjük össze.

Kötési mechanizmus szerint:

- fizikai folyamat révén szilárduló ragasztók:
 - száradás révén (oldatok, diszperziók),
 - lehülés révén (ömledékragasztók),
- kémiai folyamat révén kötő ragasztók:
 - polimerizációs,
 - polikondenzációs,
 - poliaddíciós,
- fizikai és kémiai folyamatok kombinációjával szilárduló ragasztók.

A csoportosítás még további szempontok szerint is lehetséges.

Ragasztás

A ragasztás az a művelet, amikor szilárd anyagok felületét ragasztóanyag alkalmazásával összekötik.

A ragasztási folyamat több lépésre bontható. Első részfolyamata a **ragasztóanyag felhordása** az illesztendő felületre vagy felületekre. A megfelelő tapadás eléréséhez a ragasztónak folyékony halmazállapotúnak kell lennie, vagy az **illesztés** során folyékony állapotba kell jutnia. (Az illesztés az összekötni kívánt anyagok felületeinek egymásra helyezése.) A ragasztás harmadik részfolyamata a **szilárdítás**. A megfelelő kötősszilárdság eléréséhez a ragasztóanyagoknak szilárd állapotba kell kerülnie. Ez a ragasztó kötési folyamata.

A ragasztás fizikai kémiája

Jelenleg nincs még olyan egységes, minden helyzetre alkalmazható elmélet, amely kielégítően magyarázná meg az adhézió kialakulásának módját és a ragasztó és ragasztandó anyag közötti kötés létrejöttének mechanizmusát.

A ragasztott kötés a ragasztó és a ragasztandó anyagok határfelületén ható erők következtében alakul ki, amely erők lehetnek kémiai kötőerők, molekuláris erők, mechanikai rögzítő hatás, illetve ezek kombinációi.

A ragasztóanyagok és a ragasztandó felületek között egyrészt **adhéziós erők** működnek. Adhéziós erők azok az erők, amelyek a különböző anyagfelületek között hatnak, és az egymással érintkező felületeket összetartani törekszenek. A ragasztástechnikában megkülönböztetünk me-

természetes eredetű			szintetikus		
növényi	állati	ásványi	polikondenzációs	poliaddíciós	polimerizációs
cellulóz-észterek cellulóz-éterek keményítő szójaprotein kaucsuklatex	glutinenyek kazeinenyek véralbuminenyek	üveg kerámia bitumen	fenoplasztok aminoplasztok poliészterek polisziloxánok poliamidok	poliuretánok epoxigyanták	polibutadién poliizobutilén polikloroprén polisztirol poliakrilátok poli(vinil-acetát) poli(vinil-alkohol) poli(vinil-acetát)-ok poli(vinil-éter)-ek poli(vinil-klorid) poli(vinilidén-klorid)

2. ábra

Eredet és kémiai felépítés szerinti csoportosítás

chanikai adhéziót és fajlagos (specifikus) adhéziót. A *mechanikai adhézió* a ragasztó és a ragasztandó anyag közötti összetartó erőnek az az összetevője, amely a ragasztóanyagnak a ragasztandó felület pórusaiba, egyenetlenségeibe való behatolásából és megkötéséből ered. A felületi bemélyedésekben megkapaszkodott ragasztó mechanikusan, mintegy kis csapok által rögzíti a két felületet. A mechanikai adhézió tehát a felületek közötti mechanikus kapcsolat által jön létre. Jelentős szerepe van a ragasztott kötések szilárdságában, különösen pórusos, illetve érdes felületű anyagok ragasztása esetén. A *fajlagos (specifikus) adhézió* létrejötte független a felületi durvaságtól. Kialakulásában a ragasztandó és a ragasztóanyag érintkezési felületén elhelyezkedő molekulák tulajdonságai játszanak döntő szerepet. A fajlagos adhéziót elsősorban a molekulák között fellépő másodrendű kémiai erők hozzák létre.

Egyes kutatók kimutatták néhány nagy szilárdságú kötésben az elsőrendű kémiai erők és a hidrogénhidkötés jelenlétét is. A hidrogénhidkötés fenolos vagy alifás hidroxil- vagy karboxilcsoportot tartalmazó poláris ragasztók használatakor alakul ki, és nemcsak az adhézió, hanem a ragasztó kohéziója szempontjából is fontos szerepet játszik.

A **van der Waals-erők**nek nagy szerepük van az érintkező felületek közötti adhézió és ezáltal a ragasztott kötések kialakításában.

A ragasztott kötés szilárdságát, tartósságát a felületek között megkötött, megszilárdult ragasztóanyag **kohéziós erői** határozzák meg. Kohéziós erők azok az erők, amelyek az anyag

részecskéi, molekulái között hatnak. Ezek az erők szabják meg az anyag jellemzőit is, pl. felületi feszültségét, mechanikai sajátosságait.

Elterő alapanyagú műanyagpolimerek, illetve fém és műanyagpolimer egymással való szoros érintkezésénél **elektromos jelenségeket** figyeltek meg. Megállapították, hogy a két anyagfajta felületéről kilépő szabad elektronok száma nem egyenlő. (Az egyik anyag felülete elektronban szegényebb.) Ez a jelenség elektromos kettősréteg kialakulásához vezet, amely lényegében mikrokondenzátornak tekinthető.

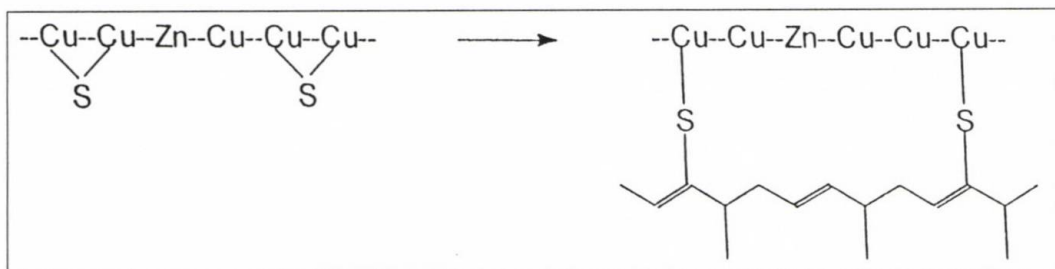
A ragasztókötés kialakulásakor **kémiai folyamatok** is lejátszódhatnak. Polimertárgyak hasonló felépítésű polimerragasztóval való ragasztása esetén első- vagy másodrendű kémiai kötések jöhetnek létre. Szervetlen anyagok ragasztásakor is kialakulhat kémiai kötés, pl. a sárgaréz gumihoz való jó tapadásakor. A sárgaréz felületén a gumi kéntartalma révén réz-szulfid képződik, amely azután a poliizoprénláncsal kénhidakat képez (3. ábra).

Ismert az üvegfelületen alkalmazott sziloxán kapcsolóanyagok szerepe a jó tapadás kialakításában (4. ábra).

A ragasztott kötés keresztmetszete látható az ábrán (5. ábra).

A két összeragasztott tárgy között található a ragasztóréteg, amely két határfelületi rétegre és a ragasztó fő tömegét alkotó belső rétegre osztható. A határfelületi rétegeket adhéziós, a belső rétegeket kohéziós rétegeknek nevezzük.

Az adhéziós rétegben működő erők egymástól eltérő, heterogén anyagfelületeket tartanak



3. ábra
Gumi ragasztása sárgarézhez

össze. A kohéziós rétegben található erők csupán a ragasztóanyag molekulái között jönnek létre, és a ragasztó tulajdonságait határozzák meg.

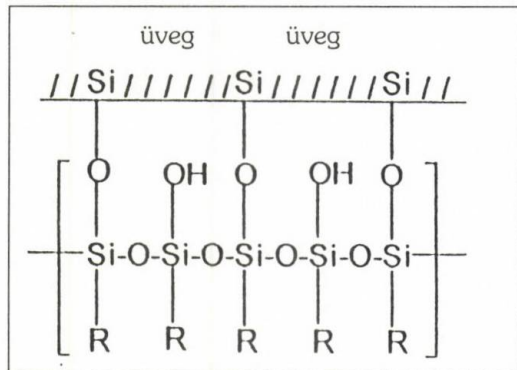
A ragasztókötés megszilárdulása

Csak a ragasztóoldatok megszilárdulását tárgyalom részletesen, mert egyrészt oldószeres ragasztóként szinte az összes ragasztótípus használható, másrészt a hétköznapi életben (iroda, iskola, háztartás) ezeket a ragasztókat használjuk széles körben.

A ragasztóoldatok rendszerint nagy viszkozitású, 5-20%-os koncentrációjú oldatok. A ragasztókötés kialakulása fizikai úton, száradás révén következik be. A száradás során az oldószer elpárolog, az oldat koncentráliódik, a szol gellé, majd megszáradva xerogéllé alakul. A párolgás endoterm folyamat, hőelvonással jár. A párolgás diffúziós és áramlási folyamatok következménye. Ennek eredményeként a felhordott ragasztó felületén diffúz réteg alakul ki, amelyen az oldószernek keresztül kell diffundálnia, hogy a gőztérbe jusson. A száradás folyamata részfolyamatokra bontható:

- az oldószermolekulák diffúziója a felületi rétegbe,
- a felületi határretegére való átadása,
- a határretegről való távozása (párolgás).

A párolgás sebessége növelhető a hőmérséklet növelésével vagy elszívással.



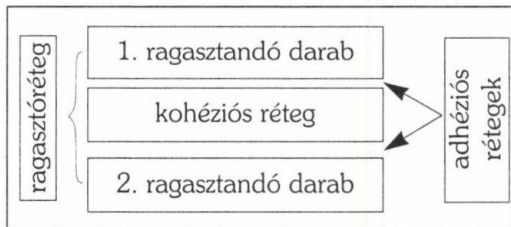
4. ábra

Üveg ragasztása sziloxánnal

A felmerülő kérdésekre megpróbáltam minél tömörebben választ adni, olyan kérdésekre is, amelyek általános és középiskolában egyaránt érdekelheti a gyerekeket. Tanítási órán belül, illetve szakköri foglalkozás keretében tárgyalható, hogy milyen folyamatok játszódnak le a ragasztás alkalmával, és hogyan kötnek meg a ragasztók, vagyis felfedhető a ragasztók működési elve. A következő részben szó lesz azokról a mindennap használatos anyagokról, amelyek a ragasztás szempontjából különlegesnek tekinthetők, vagy valamiben eltérnek a hagyományosan alkalmazott ragasztóktól.

Irodalom

- [1] Dr. Balázs Lóránt: A kémia története (Nemzeti Tankönyvkiadó 1996)
- [2] Balázs Gyula: Ragasztástechnika (Műszaki Könyvkiadó 1982)
- [3] Bálint László: Faipari technológia (Műszaki Könyvkiadó 1992)
- [4] Csaba Emese (szerk.): Hogy is van ez? (Reader's Digest Kiadó Kft. 1995)
- [5] Dr. Farkas Ferenc–Farkas Ferenc József: A ragasztás kézikönyve (Műszaki Könyvkiadó 1997)
- [6] Németh Endre–Mayer László–Pappné Eperjesi Boglárka: Gyártástechnológia III.
- [7] Dr. Otto-Albrecht Neumüller: Römpp vegyészeti lexikon (Műszaki Könyvkiadó 1983)
- [8] Dr. Vámos György (szerk.) Papíripari kézikönyv (Műszaki Könyvkiadó 1980)
- [9] Vancsóné Szmercsányi Ibolya: Műanyagalapú ragasztók (Műszaki Könyvkiadó 1962)



5. ábra

A ragasztott kötés keresztmetszete

Szalay Tibor

Érdekességek a kémia történetéből IV.

Az első tüzelőanyag-cella, a durranógáz-elem

Bevezetés

Az emberiség **második tűzgyújtása** **Alessandro Volta** nevéhez fűződik, aki 200 éve alkotta meg az első, tartósan működő elektromos áramforrást, a **Volta-oszlopot** [1, 2].

Napjaink egyik nagy ellentmondása, hogy a mindennapi ember nem igazán értékeli azokat az eredményeket, amiket az emberiség jótevői zsenialitásukkal, de nem kevésbé szorgos munkával, olykor pedig jelentős áldozatok árán értek el. Hiszen ki tudná akár csak elképzelni is, **hol tartana az emberiség az elektromosság mibenlétének ismerete és kihasználása nélkül.** Miként is élhetnénk, valóban emberhez méltóan, a szinte beláthatatlanul sokféle és széleskörűen elterjedt elektromos eszközök tömeges gyártása és alkalmazása nélkül?

A társadalom ugyanúgy viselkedik a matematika, a természet- és a műszaki tudományok eredményeivel, mint általában azok a férfiak, akik – miután már célba értek – nem igazán értékelik az eredményt, mintegy természetesnek veszik uralmuk gyakorlását, vagyis nagy kegyesen elfogadják, használják.

Az elektrokémiai reakció különlegessége

Könnyen belátható (ugyanis nyilvánvaló), hogy a kémiai reakciók bekövetkezéséhez a reakciópartnereknek találkozniuk kell. Másképpen fogalmazva, molekuláris értelemben gondol-

kodva [7], a reaktánsmolekuláknak vagy ionoknak ütközniük kell, miközben még energetikai, térbeli stb. feltételeknek is teljesülniük kell.

Ezzel szemben már kevésbé kézenfekvő, hogy a galvánelemekben lezajló elektrokémiai reakció – térbelileg elkülönülten – két önálló elektród folyamatban, egymással elválaszthatatlanul és egyidejűen, egy különleges reagens, az elektron közreműködésével megy végbe [4, 5].

Az elektrokémikusok az elektród folyamatok sebességét az áramsűrűséggel (**j**) fejezik ki, ami a felületegységre eső áramerősséget (**I**, amper = A) jelenti, ezért a **j** mértékegysége: A/cm^2 . Mivel az amper a vezető keresztmetszetén az időegység alatt átfolyó áramot (coulomb/s = C/s)¹ jelenti, ezért könnyen belátható, hogy **az áramsűrűség valóban sebességjellegű mennyiség.**

A baj „csupán” az, hogy a **j** közvetlenül nem mérhető, ezért csak származtatni tudjuk az áramerősségből. További probléma, hogy a szilárd anyagok geometriai felülete messze nem egyenlő a molekuláris értelemben vett tényleges (valós?) felülettel, ezért az átszámításnál egy ún. érdekességi tényezőt (**f**) is figyelembe vesznek, ami hozzátétőlegesen 2. Ez az érték azonban körülményektől függően változhat.

A heterogén (itt szilárd/folyadék tehát kétfázisú) kémiai reakciók sebességét (**v**) az egységnyi idő alatt, egységnyi felületen átalakuló anyagmennyiséggel szokás kifejezni, ezért a kétféle sebesség kapcsolata:

$$j = z F v \quad (1)$$

ahol j áramsűrűség (A/cm^2), z az elektroncserében (töltésátmenetben) résztvevő elektronok száma, F a Faraday-állandó¹ (a zF szorzat coulomb / = C/ egységben fejezi ki az elektromosságot, vagyis $C/s = A$) és v a felületi kémiai reakciósebesség, ennek mértékegysége az előbbi definíció szerint: $mol/(cm^2 \cdot s)$.

Az elektrokémiai cellák – a céltól, illetve a következményektől függően – háromféle módon működhetnek:

- a *galvánelemben* anyagátalakulás révén *elektromos energiát termelünk*,
- az *elektrolizáló cellában* elektromos áram befektetésével *értékesebb anyagot állítunk elő*,
- a *korrozíós cellákban* pedig *haszontalan anyag és energiaátalakulás önként következik be*, függetlenül attól, hogy az elektrokémiai korrozio mikro- vagy makrocellás mechanizmussal játszódik le [8].

Érdemes megjegyezni, hogy az oxidáció (= elektronleadás) mindig az anódon, a redukció (= elektronfelvétel) pedig mindig a katódon megy végbe, függetlenül attól, hogy a cellában áramot termelünk vagy elektrolizálunk. A pólusok előjele viszont felcserélődik: a galvánelemben az oxidáció helye negatív, mert az oxidálódó, többnyire „oldatba menő” fémionok (pl. Fe^{2+}) elektronokat hagynak hátra. Ezzel ellentétben a katódon redukálódó, vagyis semlegesülő kationok (pl. H^+) elektronokat fogyasztanak, következésképpen elektronhiány lép fel,

ezért a redukció helye, a katód pozitív lesz. Ismertebb, hogy az elektrolizáló cellákban (az előbbivel ellentétesen) a katód a negatív, az anód pedig a pozitív pólus.

Figyelem: a mindennapi életben a gépkocsikhoz használt ólomakkumulátorban mindig *katódnak* nevezik a másodfajú $Pb/PbSO_4$ -elektrodot, *anódnak* pedig a $Pb(II)/Pb(IV)$ -redoxielektrodot. Töltéskor, vagyis elektrolíziskor ezért a celladiagram:



Ez a séma azonban ellentétben van a tárgyaltakkal, minthogy a (2) cella elektromos ereje csak formálisan írható fel így: „ E_{MF} ” = $-0,355 - (+1,685) = -2,04$ V (negatív értékű e.m.e. nincs! L. még [9]-ben a 121. oldal). Az akkumulátorok ugyanis, mint szekunder, vagyis másodlagos áramforrások, *kisütéskor működnek galvánelemként*, következésképpen ekkor kaphatjuk meg helyes előjellel az e.m.e.-t. Valójában tehát az ekkor *katód* a redoxi elektród, melynek standardpotenciáljából (1,685 V) vonjuk ki a másodfajú ólom/ólomszulfát-elektrodot, mint *anód* standardpotenciálját ($-0,355$ V).

Egy reverzibilis, termodinamikai egyensúlyban lévő elektródon² az anódos (j_a) és a katódos ($-j_k$, az előjel csak az irány ellentétességét jelöli!) áramsűrűség egyenlő. (Ugyanazon elektródfelületről lévén szó! Ebben a dinamikus egyensúlyban fellépő áramot csereáram-sűrűségnek j_0 -nek nevezzük.) Értelemszerűen, amikor pl. elektrolizálunk, akkor az elektródot polarizáljuk (ha ezt anódosan tesszük, akkor pozitívabb,

¹ Az SI mértérendszerben az elektromosság **makroegysége az 1 mol elektron**, ami az ismertebb (a „korábbi hivatalos”) egységnek, az 1 Faraday-nek, vagyis közel 96 500 coulombnak felel meg.

² A Faraday által bevezetett **elektród fogalom** időközben, az elektrokémia fejlődésével jelentősen megváltozott. Ma elektródnak nevezzük azt az elektrokémiai rendszert, amelyben legalább 2 fázis érintkezik. Közülük az egyik fázis általában elsőrendű (többnyire fém, vagyis elektron-) vezető, a másik pedig másodrendű (vagyis ion-) vezető (= elektrolit). Az érintkezési határfelületi rétegben töltésátmenettel járó kémiai reakció megy végbe. Az egyszerű elektródon csak egyetlen elektródreakció játszódik le (pl. az Ag/Ag^+ elsőfajú elektródban, a potenciálmeghatározó ion az $Ag^+(akv)$), a keverék vagy összetett elektródon pedig egymással párhuzamosan több is (pl. a korrodáló acél felületén).

ha viszont katódosan, akkor negatívabb lesz az elektród). Következésképpen pl. anód esetében a teljes felület (elektrolízisről van szó!) pozitív lesz, ezért a rajta átfolyó áram anódos, a felülettel osztva pedig anódos áramsűrűség lesz, a katód esetében pedig fordítva. Amennyiben az elektródok felülete nem azonos nagyságú (mint pl. a fémek korróziójakor általában, az anódos hely/ek/ mérete sokkal kisebb, mint a/z összeg/katódos helyeké), aminek *lyukkorrózió* lesz a következménye, minthogy a fém oldatba menetele viszonylag kis helyen következik be, lyuk keletkezik, ami az idővel egyre inkább mélyül, nagyobbodik. **(Az acél, kloridionok által gerjesztett korróziójának jellegzetes tünete a lyukkorrózió.)**

Egy szemléletes példa: a Delhiben lévő híres vasoszlop korróziósebességét többféle mértékegységben is ki szokták fejezni: $v = 5 \mu\text{m}/\text{év}$, ez megfelel $1 \text{ nm}/\text{perc}$ értéknek, vagy kb. 10^{12} db vasatomnak felel meg egységnyi (cm^2) felületen és egységnyi (s) idő alatt. Következésképpen az előbbieken leírtaknak megfelelően:

$$j_{\text{korr.}} = z F v = 2 \cdot 96\,500 \cdot 1 \cdot 10^{12} / (6 \cdot 10^{23}) \\ = \text{kb. } 3 \cdot 10^{-7} \text{ A}/\text{cm}^2 \text{ (3)}$$

ahol $j_{\text{korr.}} = j_a - (-j_k)$, amint már említettük a katódos áramsűrűség előjele csak irány jelölésére szolgál, ezért erre tekintettel kell lenni a matematikai kezelésénél!

Sokáig keresték annak a magyarázatát, vagyis hogy miért ennyire kicsi ennek a híressé vált oszlopnak a korróziósebessége. Végül is arra következtettek, hogy ennek egyik oka a fém tisztasága lehet, mert előállításakor tiszta faszenet használtak (és nem pl. kénnel szennyezett kőszenet), a további ok pedig az atmoszféra rendkívüli szárazsága és tisztasága. Ez utóbbi azonban már napjainkban kétségessé vált!

Grove tüzelőanyag-cellája

A tüzelőanyag-cellák a primer galvánelemek egy sajátos csoportját képezik, mert ezek is „egyszer használatosak”, (mint pl. a Lech-lanché-elem és nem úgy, mint az ólomakkumulátor, amely csak a megfelelő módon végzett elektromos feltöltés után másodlagosan /ezért „szekunder elemek”/, illetve pl. gépkocsikban a generátorról folyamatosan töltődnek, és így maradnak tartósan „életképesek”). A tüzelőanyag cellák egyik előnye, hogy a szerkezeti anyagok helyes megválasztásával és használatával, valamint a reakciók folyamatos betáplálásával szinte korlátlan ideig működnek.

Alighanem az egyik legérdekesebb és egyben talán legismertebb iskolai kísérletek egyike a víz elektrolízise, vagyis elektrolitikus bontása. Amikor is a vízbontó készülék pólusaira (= elektródkivezetéseire) elektromos egyenáramot kapcsolunk, de előzetesen a vizet elektrolitál alakítjuk, vagyis pl. kénsavval vagy nátrium-hidroxiddal elektromos vezetővé tesszük, akkor a katódon hidrogéngáz, az anódon pedig oxigéngáz válik le, mégpedig 2:1 térfogat és mólarányban. Ez a kísérlet azért izgalmas, mert ha ezek a gázok akaratlanul ugyan, de mégis ilyen arányban összekeverednek, akkor ez a gázelegy pl. szikra hatására (vagy más gerjesztésre = „iniciálására”) berobban, azaz robbanásszerűen vízzé alakul.

Ha 2 g (= 1 mol) hidrogéngáz és 16 g (= 0,5 mol) oxigéngáz reakcióba lép (elég), akkor 285,85 kJ hő termelődik, ami pl. 1 liter 20 °C-os víznek a hőmérsékletét 90 °C-ra emeli! Mivel a rendszer ezt a hőt leadja, ezért megállapodás szerint, negatív előjellel vesszük számításba.

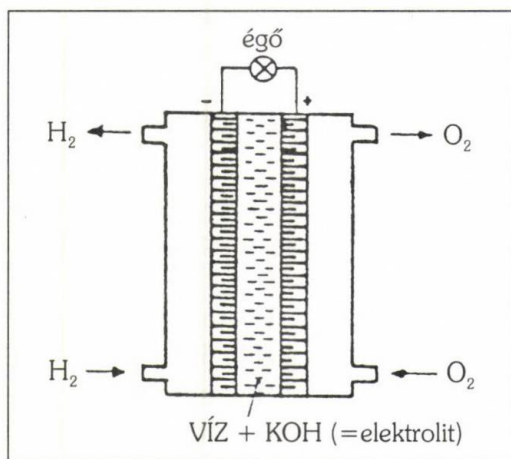
Elsőként William Grove vetette fel a kérdést még 1839-ben: hogyan lehetne a durranógáz energiáját közvetlenül, de más formában hasz-

nosítani? Kérdésére kísérlettel (is) kereste a választ: olyan **galvánelemet készített**, amelyben az elektrolitikus vízbontással ellentétes folyamat, a *durranógáz-reakció spontán* (= önként) *végbement*, és közben *elektromos energia termelődött hasznosan*. (L. még [1].)

Az első tüzelőanyag-cellák többnyire csak érdekességnek számítottak, mert csak rövid ideig és rossz hatásfokkal dolgoztak. Az igazi áttörés az elektrokémia újjászületésével kezdődött a huszadik század ötvenes éveiben, amikor is a *Nernst* nevéhez fűződő egyensúlyi (= termodinamikai) szemlélet mellett **előtérbe került a kinetika**, vagyis az elektródfolyamatok időbeliségének és mechanizmusának a vizsgálata is.

Az áramtermelő kémiai reakció (Grove durranógáz-cellájában)

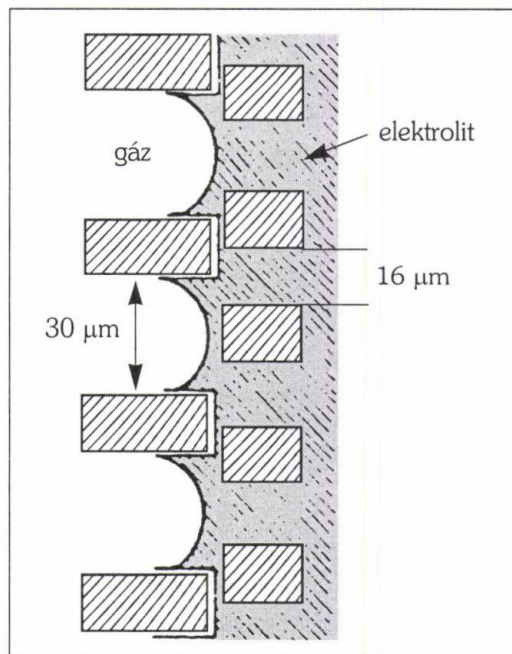
Az 1. ábra egy „átfolyó rendszerű” durranógáz-cella felépítését szemlélteti vázlatosan, a 2. ábra pedig zsugorított nikkelporból készített porusos elektródot, amelyben a kb. 30 és 16 μm átmérőjű kapillárisok egyrészt nagy felületűek (!), másrészt jól „nedvesednek”, de az elektrolitot mégis jól bezárják, vagyis megtartják a cellában.



1. ábra

A durranógáz-cella vázlatos felépítése

A hidrogéngázt a cellába túlnyomással vezetik be. A fémporból zsugorított, porózus „nikkelelektrodon” (az elektród fémfázisán) a H_2 molekulák széthasadnak („disszociálnak”), az atomos állapotú hidrogén adszorbeálódik és oxidálódik, a hátramaradó elektronok negatív töltésűvé teszik az *anódot*. {L. (5) és (8) reakció.} Az előbbi, többlépéses folyamat az elektród fémfázisának külső felületi rétegében lévő nagyobb méretű pórusain megy végbe. A kisebb pórusokat tartalmazó belső felületi réteg az oldószer-víztől, megnedvesedik, és folyamatosan átengedi a deszorbeálódó hidrogénionokat, ugyanekkor pedig az elektrolit kiáramlását a cellából meggátolja. **(Ez az elektród, az anód, joggal nevezhető hidrogénelektrodnak.)** A cella másik oldalán betáplált oxigéngáz a katódon molekuláris állapotban adszorbeálódik, mégpedig itt is a nagyobb pórusú fémmikkel-rétegben, ahol a ned-



2. ábra

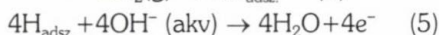
A zsugorított, kétféle méretű pórust tartalmazó nikkelelektrod vázlat

vesség formájában jelenlévő vízmolekulákkal és a fogyasztón keresztül az anódról átáramló elektronokkal bekövetkezik a (7) vagy a (9) reakció. Az **oxigénelektrodként** működő katód fémfázisának finomabb pórusú rétege szintén csak a nedvesedést engedi meg.

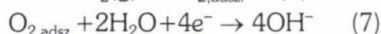
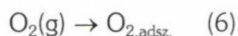
Az energiaátalakulás azonban csak akkor mehet végbe folyamatosan, ha az áramkört valamilyen fogyasztóval, pl. izólámpával „zárjuk”.

Említettük már, hogy elektrolíziskor a vizet savval vagy lúggal elektrolittá alakítják, vagyis jelentősen megnövelik a víz elektromos vezetését. (Így nagyobb áramerősséggel lehet elektrolizálni.) Ugyanígy járnak el a durranógáz-cella összeállításakor is. Az áramtermelő elektrod-folyamatok mechanizmusa azonban más a savas oldatban, mint a lúgosban [9].

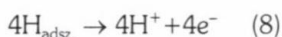
Lúgos oldatban az anódon:



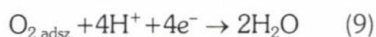
a katódon:



Savas oldatban az anódon:



a katódon pedig:



Az áramtermelő bruttóreakció pedig a következő:



A kutatások kezdeti időszakában a keletkező víz eltávolítása némi nehézséget okozott, jóllehet, a praktikus megoldás igen egyszerű, misze-

rint olyan hőmérsékleten és nyomáson kell a cellát működtetni, amelyen a gőz megfelelő sebességgel (mennységben) távozik el a cellából. (Ma már számos más megoldás is ismert.)

A kémiai energia elektromos energiává válásának a hatásfoka (η), és a hidrogénalapú gazdaság

25 °C hőmérsékleten 1 mol víz képződésekor bekövetkező standard szabadentalpia-változás ($\Delta G^0 = -237,19 \text{ kJ/mol}$) és a már tárgyalt reakcióhő (a hidrogéngáz égéshője, állandó nyomáson a standard entalpiaváltozás ($\Delta H^0 = -285,85 \text{ kJ/mol}$) hányadosa adja az energiaátalakulás hatásfokát, és ha ezt beszorozzuk 100-zal, akkor a keresett hatásfokot %-ban kapjuk meg [10]:

$$\eta(\%) = (237,19/285,85) \cdot 100 = 83 \quad (11)$$

Ez viszont azt jelenti, hogy a kémiai energiát igen jó hatásfokkal lehet közvetlenül átalakítani elektromos energiává. Ez teszi nyilvánvalóvá, miért végeznek intenzív kutatómunkát a hidrogénalapú gazdálkodás megteremtése érdekében. Kémiai vonatkozásban ez többek között kiterjed a hidrogéngáz biztonságos tárolására [6], a megfordíthatóan (szükség szerint galvánelemként vagy elektrolizáló cellaként) tartósan és gazdaságosan működő kettős cellák kifejlesztésére [11], valamint a fotoelektrolitikus vízbontás megoldására.

Aligha kétséges, hogy ez az igazán jó hatásfokkal megoldható energiaátalakítás egyszerre tiszta környezetet is jelent, minthogy vízből vizet állítunk elő ezekkel a megfordíthatóan működő kettős cellákkal. Következésképpen nagy ígéretet jelentenek az emberiség számára³ [1, 12]. Ehhez azonban mindenképp **olcsó energiá-**

³ Az emberiség eddigi legnagyobb teljesítményének vélem az ember Holdra szállását (1969. 07. 23. 3.56-kor), amit még látni is lehetett. Joggal jelentette ki N. Armstrong: kis lépése ez az embernek, de nagy ugrás az emberiségnek. Az Apolló űrprogram keretében biztonságos áramforrásként használták, az üzemanyaggal (cseppfolyós oxigénnel és hidrogénnel) együtt, 250 kg tömegű tüzelőanyag-cellákból összeállított telepet, aminek az elektromos teljesítménye kb. akkora volt, mint az 1500 kg összes tömegű, ólomakkumulátor-cellákból összeállított telepé. Ez utóbbi pedig szó szerint is nehézséget okozott volna a felszálláskor.

ra lenne szükség. Korábban erre általánosan elfogadott megoldásnak látszott az **atomreaktorokban, a fogyasztási minimum idején, termelt elektromos energia⁴**, de ezt a közvélemény nyomására kezdik elvetni.

Az alternatív megoldásként javasolt és divatosan hangoztatott, megújuló energiaforrások aligha fogják bármikor is kielégíteni az emberiség energiaéhségét. Ne feledjük: ha van elegendő mennyiségű és tisztán nyert energiánk, akkor az emberiség további alapvető problémái: az élelmiszer- és ivóvízellátás, valamint a környezetártalmak csökkentése (benne a betegségek megelőzése és gyógyítása) is könnyebbé válhatnak.

A napenergiával történő *fotokatalikus és –elektrolitikus vízbontás*, mint hidrogéngáz-termelő eljárás – egyelőre – csak ígéretesnek látszik. Egyrészt, mert a napenergia nagyon kis energiasűrűséggel éri a Földet, illetve a felszíne kétharmadát kitevő tengervizek felszínét, másrészt az esetleges mikro- vagy nanométer-méretű cellákban keletkező hidrogén- és oxigéngáz biztonságos elválasztása még megoldásra vár.

Összefoglalás

Sorozatunk 4. részében a hidrogénalapú gazdaság kulcseszközével, a *durranógáz-cellával* foglalkoztunk, amelynek első változatát, mint tüzelőanyag-cellát Grove álmodta meg 1839-ben. A gondolat jelentőségét tanúsítja, hogy a több, mint 100 évvel később kifejlesztett, *üzembiztos tüzelőanyag-cellákat* már úrhajók alternatív áramforrásaként is fel lehetett használni a napelemek mellett.

Ezzel összefüggésben áttekintettük a kémiai és az elektromos energia átalakulásával/átalakí-

tásával kapcsolatos fogalmi rendszert, és néhány tanulságos számolási példát is bemutatunk.

Irodalom

- [1] Szalay T.: A második tűzgyújtás, avagy az elektromos fényforrások fejlesztésének dialútja. (A Természet Világa 2000. évi felhívására benyújtott pályamunka.)
- [2] Inzelt Gy.: Kétszáz éves Alessandro Volta találmánya. Természet Világa, 131 (11), 503 (2000)
- [3] Szalay T.: Vízből vizet – haszonnal: A durranógáz-elem. Élet és Tudomány, 1983, 43. sz. 1354 és 1355. oldal
- [4] R. L. Dotson: The electron as reagent. Chem. Tech. January 1978, pp. 54–61
- [5] Szalay T.: Érdekeségek a kémia történetéből II. A különleges reagens, az elektron. A Kémia Tanítása, VIII (9), 9 (2000)
- [6] Szalay T.: Szivacs fémekből: A hidrogénakkumulátor. Élet és Tudomány, 1983, 16. sz. 483. és 484. oldal
- [7] I. O'M. Bockris, U. M. Shahed: Surface Electrochemistry. A molecular level approach. Plenum Press, New York, 1983.
- [8] Szalay T.: A beton és a vasbeton a kémia és az elektrokémia tükrében. A Kémia Tanítása, VII (5), 3 (1999)
- [9] Ebert H.: Elektrokémia (röviden és tömören). Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974, 133. oldaltól
- [10] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiája II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999, 847. oldal
- [11] T. Takahashi: Solar-Hydrogen energy systems. Chemical Abstract: 92: 205807 q. Chapt. 3. Water-Electrolysis, 1979, 35–58. oldal
- [12] Akadémiai kislexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989, A–K kötet, 107. oldal

⁴ Az atomreaktorokat tartósan állandó teljesítményre állítják be, és értelemszerűen a fogyasztási maximumnak megfelelően, következképpen a fogyasztási minimumban termelődő fölsleget értékesíteni kell, tekintettel arra, hogy az elektromos energiát – egyelőre még – nem tudjuk tárolni. (A szupravezetők kutatásának ez az egyik célja!) A fogyasztónak ugyanis azt is meg kell fizetnie, amit a minimumban nem tudnak „eladni”: minthogy az átlagár az értékesítés, vagyis a teljes bevétel függvénye! A gazdaságosság érdekében optimalizálni törekszenek a felhasználást.

Dr. Tóth Zoltán

Konferenciabeszámoló

A 2001-es év is bővelkedett olyan hazai és nemzetközi konferenciákban, amelyek a kémia, illetve a természettudományok oktatásáról szóltak. Kutatási és egyéb támogatásaim révén 4 nemzetközi és 1 hazai konferencián vehettem részt ebben az évben. Ezekről készítettem a következő beszámolót – időrendi sorrendben.

6. Európai Kémiatanári Konferencia

(6th European Conference of
Chemistry Teachers)

Bécs (Ausztria) 2001. április 18–21.

A hagyományosan kétevente Ausztriában megrendezésre kerülő konferenciának a bécsi egyetem adott helyet. Az Osztrák Kémiatanári Egyesület meghívta és vendégül látta a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémiatanári Szakosztályának 15 fős delegációját. A delegáció tagjaként vettem részt a konferencián. A szállás és az ellátás költségeit az osztrák fél, az utazási költségeket a Magyar Kémikusok Egyesülete fizette.

A konferenciának közel hétszáz regisztrált résztvevője volt, elsősorban Ausztriából és Németországból. A konferencia szakmai programja plenáris előadásokból, workshopokból és poszterszekcióból, valamint egy szakmai jellegű kirándulásból állt. Az előadások és workshopok jelentős része foglalkozott a kémiának a mindennapi életben betöltött szerepével, valamint olyan új technikák bemutatásával, mint pl. a csempén van mikrofecskendőkben végrehajtható reakciók, amelyekkel olcsóvá, gyorsá, látványossá és környezetbaráttá tehető a kémiai kísérletezés. Ezeknek a technikáknak a mi kémiaoktatásunkba, illetve tanárképzésünkbe történő beépítése tovább nem halasztható. A konferencia talán legsikeresebb előadását Viktor Obendrauf tartotta látványos kísérleteiről.

A magyar résztvevők közül workshopot tartott Fodor Erika („Day-to-day minimiracles”), posztert mutatott be Riedel Miklós és Főző Attila („Information and Communication Technology in chemistry education”), Hobinka Ildikó („How much Hungarian students know about the chemistry in Austria?”), Rajkányi Enikő („Is this but air?”), Tóth Zoltán („Dynamic models in teaching chemistry”), Wajand Judit („Chemistry here, chemistry there, chemistry everywhere”), Öry Imre („Experimente aus dem Kreis der Halogenelemente, und Chemie der Asche”), valamint Kovácsné Csányi Csilla („The chemistry lesson and the school library”).

A konferencia társasági programjai (fogadás, bankett) is igen színvonalasak voltak. A jól szervezett konferencia folytatása két év múlva Linzben lesz.

1. Dél-európai IOSTE Szimpózium

(1th IOSTE Symposium in Southern Europe)
Paralimni (Ciprus) 2001. április 29–május 2.

A természettudományok és a technológia oktatásának nemzetközi szervezete (IOSTE: International Organization of Science and Technology Education) először rendezett szimpóziumot Dél-Európában. A szimpóziumnak Ciprus adott helyet. A helyi rendező szervek a következők voltak: University of Cyprus, Ministry of Education and Culture. A szimpózium címe a következő volt: „Science and Technology Education: Preparing Future Citizens”. A világ különböző részein évente megrendezésre kerülő IOSTE szimpóziumok célja, hogy a természettudományok és a technológia oktatásával foglalkozó tanárok, egyetemi oktatók, kutatók megvitassák a témakör oktatásának aktuális problémáit és lehetőségeit,

kicseréljék a különböző országok oktatási tapasztalatait.

A konferenciának több mint 250 regisztrált résztvevője volt, többségük Ciprusról, Görögországból és Izraelből. A szakmai program előadásokból és poszterszekcióból állt. A különböző témájú (kémiai, fizikai, biológiai, geográfiai) előadásokból egyértelműen körvonalazódott, hogy a természettudományos oktatás megújítása csak úgy lehetséges, ha sikerül megtalálni az egyensúlyt a tudományos és a hétköznapi életben alkalmazható ismeretek között, és az ismeretátadáson kívül a tanulókat felkészítjük a komplex problémák (pl. környezetvédelmi problémák) megoldására, a döntéshozatalra is. Számos előadás foglalkozott a természettudományok oktatásának anyagi vonzatával, az olcsó kísérletezés lehetőségével, valamint a multimedia felhasználásával. A konferencia anyaga 2 kötetben (összesen mintegy 800 oldal terjedelemben) került kiadásra. A konferencia ragyogó lehetőséget teremtett külföldi (elsősorban görög, ciprusi, lett, észt, cseh) kémiaoktatókkal való találkozásra és beszélgetésre. A konferencián posztert mutattam be („Balancing between algorithmic and nonalgorithmic methods in solving chemical problems”).

A szakmai programot igényes társasági program (fogadás, kirándulás) egészítette ki. A kirándulás során meglátogattuk a törökök által elfoglalt terület határát, a fővárost, Nicosiát, a ciprusi egyetemet, valamint Larnacát. A következő IOSTE szimpózium 2002-ben Brazíliában lesz.

6. Európai Kémiaoktatás Kutatása és 2. Európai Kémiaoktatási Konferencia

(6th European Conference on Research in Chemical Education, and 2nd European Conference on Chemical Education)
Aveiro (Portugália) 2001. szeptember 4–8.

A korábbi két európai kémiaoktatási konferencia folytatásaként egy összevont konferencia megrendezésére került sor ebben az évben a portugáliai Aveiróban, az aveirói egyetemen. A konferencián 9 plenáris, 10 key-note és 48

szemináriumi előadáson, valamint 5 workshopon és 42 poszteren számolt be a több mint száz résztvevő legújabb tudományos eredményéről, oktatási tapasztalatáról. A konferenciasorozat folytatására 2 év múlva Szlovéniában (Ljubljanában) kerül sor.

A konferencián meghívott előadóként vettem részt. (Ez azt is jelentette, hogy nem kellett részvételi díjat fizetnem.) Egy key-note eladást tartottam „Students strategies and misconceptions in balancing chemical equations – implications for classroom practice” címmel. Az előadás, amelyet kb. 30-an hallgattak meg, jól sikerült. A vitában 7 kérdés, illetve megjegyzés hangzott el. Az előadáson kívül még egy posztert is bemutattam („A new strategy for teaching oxidation and reduction as electron transfer”). A saját eredmények bemutatásán kívül elnöki teendőket is elláttam egy, a kémia történet oktatásában betöltött szerepével foglalkozó szemináriumon. Rajtam kívül még Villányi Attila képviselte Magyarországot a konferencián.

A konferencia mind az új eredmények megismerése, mind a kapcsolatteremtés szempontjából hasznos volt. A szakmai programot igényes és kellemes társasági programok (fogadások, vacsorák, kirándulások, hangverseny) egészítették ki. A konferencia után lehetőségem volt a Debreceni Egyetem szakmódszertani küldöttségének tagjaként betekintést nyerni az aveirói egyetemen folyó tanárképzésbe is.

I. Országos Neveléstudományi Konferencia

Budapest, 2001. október 25–27.

A MTA Pedagógiai Bizottsága hagyományteremtő szándékkal indította útjára az Országos Neveléstudományi Konferenciát, amelyet ezentúl minden évben megrendeznek. Az első konferencia kiemelt témája „Az értelem kiművelése” volt. A konferencia tudományos programbizottsága a neveléstudomány kiemelkedő hazai képviselőiből állt (elnök: Csapó Benő, tagok: Ballér Endre, Bárdos Jenő, Illyés Sándor, Kárpáti Andrea, Kozma Tamás, Németh András). A konferencia iránt nem várt mértékű érdeklődés mutat-

kozott. A közel 300 regisztrált résztvevő 3 plenáris előadás, 112 szimpózium-előadás, 36 tematikus előadás és 76 poszter formájában mutatta be eredményeit.

A plenáris előadásokat neves külföldi szakemberek tartották (Erik de Corte: „Tanulás- és oktatáskutatás: újabb eredmények és kihívások”; Stella Vosniadou: „Tanulás, megismerés és a fogalmi váltás problematikája”; Erno Lehtinen: „Az oktatástechnológia hatásáról: elméleti lehetőségek és gyakorlati tapasztalatok”). Néhány érdekesebb témakör: „Természettudományos nevelés”, „A fizikai fogalmak bevezetésének kérdései a közoktatásban”, „A matematikai alapkészségek kritériumorientált fejlesztése”, „A matematikatanulás-tanítás néhány problémájának vizsgálata”, „Tanárképzés, pedagóguskutatás”, „Oktatási módszerek, tankönyv, taneszköz”, „A gondolkodási képességek fejlődése és fejlesztése”, „Az új médiakörnyezet játékpedagógiája”, „Pedagóguskutatás, nézetek a nevelésről, oktatásról”, „Metakogníció az oktatásban”, „Új kihívások és megoldások a tehetségpedagógia elméletében és gyakorlatában”. A konferencián igen sok előadással voltak jelen a fizika és matematika képviselői, sajnos, nem mondható ez el a kémiairól. A kémiaoktatást mindössze néhány előadás és poszter képviselte. Ezek a következők voltak: „Tanulói stratégiákon alapuló feladatmegoldás a kémiaórán”, „A kémiai fogalmak természete”, „Kémiai tévképzetek és alternatív keretek” (Tóth Zoltán – Debreceni Egyetem), „Problématípusú feladatok a középiskolai kémia tanításában”, „A kémiatankönyvek ábráinak szerepe a térlátás fejlesztésében” (Soltész György–Kiss Edina, Debreceni Egyetem), „Találkozási pontok a fizika, a kémia és a biológia tanításában” (Rajkovits Zsuzsa, Illy Judit, Rózsahegyi Márta, Wajand Judit – Eötvös Loránd Tudományegyetem).

A II. Országos Neveléstudományi Konferenciára 2002. október 24–26. között kerül sor. A konferencia témája: „A tudásalapú társadalom pedagógiája”. A tudományos programbizottság elnöke: Kárpáti Andrea. Jelentkezési határidő: 2002. június 30. A konferencia honlapja: <http://primus.arts.u-szeged.hu/pedkonf/>

7. Vegyészkonferencia

Félicsfürdő (Románia)

2001. november 16–18.

A hagyományosan évente megrendezésre kerülő magyar nyelvű konferenciának most először nem Kolozsvár, hanem a Nagyvárad melletti Félicsfürdő adott otthont. A szervezők elképzelése alapvetően jó volt: körbevenni ezt a konferenciát Románia magyarok lakta területén.

Sajnos, ez az ötlet mégsem vált be, Félicsfürdőn a korábbiakhoz képest lényegesen kevesebb helyi résztvevője volt a konferenciának, így inkább a magyarországi kutatók találkozója lett belőle. Ebből tanulva a szervezők úgy döntöttek, hogy a jövő évtől kezdve ismét Kolozsvár ad majd otthont az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság konferenciasorozatának.

A konferenciának 95 regisztrált résztvevője volt. Délelőtt plenáris előadások, délután poszterek és szekcióelőadások formájában mutatták be eredményeiket a résztvevők. Én az „Oktatás – módszertan” szekció munkájában vettem részt, először mint szekcióelnök, majd mint előadó. A szekcióban 7 előadás hangzott el, ebből négyet én tartottam: „Tanulói stratégiák és tévképzetek a reakcióegyenletek rendezésében”, „Az oxidáció és redukció tanításának lehetőségei és problémái”, „Kémiai tévképzetek és alternatív keretek”, „A kémiai fogalmak természete”. A szekcióban élénk vitát váltott ki Nemes Sándor „A kémia felsőfokú oktatása és a kémia tudománya” c. provokatív hangú előadása. A plenáris előadások közül érdekességével, szemléletességével is kiemelkedett Vancsó J. Gyula Hollandiában élő magyar kutató „Egyedi molekulák vizsgálata nanokémiai módszerekkel” című előadása.

Valamennyi, a konferencián bemutatott munkáról viszonylag részletes (1–4 oldalas) összefoglaló jelent meg a konferenciakötetben.

A konferencia társasági programjai közül említésre méltó a szombat esti állófogadás és a vasárnap délelőtti városnézés Nagyváradon.

Felhívás

XX. Kémiatanári Konferencia

Kedves Kémiatanár Kollégák!

A soron következő kémiatanári konferenciánkat „**Alkalmazott és kísérletező kémia a tanításban**” címmel rendezi meg a Magyar Kémikusok Egyesülete Oktatási Bizottsága Egerben az Eszterházy Károly Főiskolán, 2002. augusztus 21–24. között. Az említett időszakban 30 órás akkreditált továbbképzés végezhető el.

A konferencia várható részvételi díja: 30 000 Ft. A 30 óra része a félnapos tanulmányi kirándulás is. A szállásköltség egy éjszakára 1500 Ft/fő/éjszaka.

Várható program

augusztus 21., szerda

11.00 óra	ünnepélyes megnyitó
11.15 – 12.45	plenáris előadás
12.45 – 14.00	ebéd
14.00 – 16.30	szekció-előadások
16.30 – 18.30	poszterszekció megnyitása, kiállítás az aulában

augusztus 22., csütörtök

08.00 – 09.00	plenáris előadás
09.00 – 12.30	szekció-előadások
12.30 – 14.00	ebéd
14.00	tanulmányi kirándulás

augusztus 23., péntek

08.00 – 09.00	plenáris előadás
09.00 – 12.30	szekció-előadások
12.30 – 14.00	ebéd
14.00 – 17.00	szekció-előadások
19.00	fogadás

augusztus 24., szombat

08.00–10.00	A kémia kerettanterv várható hatásai (kerekasztal beszélgetés)
10.00–12.30	plenáris előadások
11.30	a konferencia zárása

A szekciók tervezett címei

1. Alkalmazott kémiai ismeretek a kémiatanításban
2. Az ipar, az egyetem, illetve a főiskola elvárásai a kémiaoktatástól, tanárképzéstől
3. Egyéb (a bejelentett előadások alapján)

A gyakorlati foglalkozásokra gyors, olcsó, egyszerű tanuló- és demonstrációs kísérleteket várunk.

A konferencia a Kémiatanárok Nyári Országos Továbbképzése címen, T 3000 730–1219/1999 alapítási engedélyszámon, 30 órás akkreditált tanár-továbbképzési tanfolyam.

A Tanúsítvány megszerzésének feltétele a konferencia részvételi díjának befizetése, részvétel a konferencia előadásain és gyakorlati foglalkozásain, valamint választhatóan a továbbiak:

- Előadás vagy gyakorlati foglalkozás tartása a konferencián
- Poszter készítése a konferenciára
- Tanítási segédanyag készítése 8–10 oldalas terjedelemben a konferencia előadásainak, gyakorlati foglalkozásainak felhasználásával, és elküldése Kovácsné Csányi Csilla Fővárosi Pedagógiai Intézet 1088 Budapest, Vas u. 10. címére 2002. szeptember 30-ig. A tanúsítványok postázása 2002. november 30-ig a Magyar Kémikusok Egyesületétől várható.

Kiemelkedő eredmények

Magyar Természettudományi Társulat

A Magyar Természettudományi Társulat Kémiai Szakosztálya és a Magyar Kémikusok Egyesülete Szent-Györgyi Albert-emlékérmét alapított 1987-ben, mellyel minden évben a Nemzetközi Kémiai Diákolimpián kiemelkedő eredményt elért diákokat kívánja kiüntetni.

Az alapítvány a diákokat **Szent-Györgyi Albert-emlékéremben**, oklevélben és jutalomban részesíti.

2001-ben Bombay-ban rendezték meg a XXXIII. Nemzetközi Kémiai Diákolimpiát, amelyen a magyar diákok 3 ezüstérmet és 1 bronzérmet nyertek.

Ezüstérem: Mátyus Edit

Iskola: ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest

Felkészítő tanára: Villányi Attila

Ezüstérem: Bartók Albert

Iskola: ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest,

Felkészítő tanára: Villányi Attila

Ezüstérem: Varga Szilárd

Iskola: Vörösmarty Mihály Gimnázium, Szentgotthárd

Felkészítő tanárai: Wagner Gabriella és Erős Klára

Bronzérem: Toka László

Iskola: ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest

Felkészítő tanára: Villányi Attila

Az alábbi 2 felkészítő tanár is jutalomban részesült:

Dr. Szabó András tudományos munkatárs

Munkahely: ELTE TTK Általános és Szervetlen Kémiai Tanszék, Budapest

Dr. Riedel Miklós egyetemi docens

Munkahely: ELTE TTK Fizikai-Kémiai Tanszék, Budapest

A 6. Grand Prix Chimique Vegyésztechnikusi Diákolimpián bronzérmet nyert:

Bronzérem: Sándor István

Iskola: Erdey-Grúz Tibor Vegyipari Középiskola és Kollégium, Debrecen

Felkészítő tanára: Dr. Ling Jolán

Richter Gedeon Alapítvány A magyar kémia oktatásáért

2001. november 8-án immár harmadik alkalommal adta át a Richter Gedeon Alapítvány kuratóriuma A Magyar Kémia Oktatásért Díjat a budapesti Fasori Evangélikus Gimnáziumban tartott ünnepségen. A Richter Gedeon Rt. 1999-ben azzal a szándékkal hozta létre az alapítványt, hogy a magyarországi kémiaoktatásban és az azzal kapcsolatos ismeretterjesztésben közvetlenül vállalhasson támogató szerepet. Az alapítvány feladatai közé tartozik a kémiaoktatásban kiemelkedő eredményeket elérő tanárok elismerése és díjazása. A háromtagú kuratórium idén is négy, a kémiaoktatásban és tehetséggondozásban jelentős szerepet vállaló tanárnak ítélte oda a díjat.

Balogh Terézia

1978-ban szerzett matematika-kémia szakos tanári diplomát a Juhász Gyula Tanárképző Főiskolán, majd 1996-ban a pedagógia menedzser, tantervfejlesztő szakot is elvégezte. 1977-től a Nagymányosi Általános Iskola tanára. 1981-től a szentesi Koszta József Általános Iskolában dolgozik. 1982-től kémia szakfel-

ügyelő, később területi, illetve megyei kémia-szaktanácsadó feladatokat is ellát. 1985-től a szentesi Tudományos Ismeretterjesztő Társulat titkára. 1991-től a Csongrád megyei Hevesy György Kémia Verseny megyei felelőse. Tanítványai minden évben eljutnak az országos versenyre, ahol kiemelkedően szép helyezéseket érnek el. Az elmúlt évben a helyi pedagógustovábbképző tanfolyamok szervezésében is részt vesz.

Endrész Györgyi

1985-ben szerzett matematika-kémia szakos tanári diplomát a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 11 éve a miskolci Földes Ferenc Gimnázium tanára, ahol mindkét szakját tanítja. 1990 óta rendszeresen készít fel diákokat az országos tanulmányi versenyekre. Tanítványai minden évben megtalálhatók az hazai versenyek döntőiben. A Nemzetközi Diákolimpián diákjai döntős helyezést értek el: 1994-ben Oslóban bronzérmet, 1992-ben Thaiföldön és 2000-ben Koppenhágában aranyérmet.

Dr. Forgács József

1962-ben szerzett okleveles vegyész diplomát, majd 1978-ban pedagógia szakos képesítést a Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 1984-ben avatták a természettudományok doktorává. Diplomája megszerzése óta az Erdey Grúz Tibor Vegyipari Szakközépiskola tanára. 1963-tól készít fel diákokat az Országos Szakmai Tanulmányi Versenyre (OSzTV), akik közül 15-en értek el dobogós helyezést, az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyen (OKTV) 26 diákja került a legjobb 10 közé. Az utóbbi években tanítványait a Környezetvédelmi OSzTV-n is indítja. Pályafutása során számtalan kémiai példatár, laboratóriumi gyakorlat, valamint kémiai technológiai és környezetvédelmi szakkönyv kidolgozásában vett részt szerzőként, társszerzőként.

Meleg István (1954-2001)

A sors kífürkészhetetlen akaratából Meleg István tanár úr nem tudott sokáig örülni ennek a díjnak, mert 2001. december 30-án tragikus hirtelenséggel elhunyt.

1978-ban szerzett kémia-fizika szakos tanári diplomát a József Attila Tudományegyetemen. Ezt követően 1980-ig a szegedi Kőrösy József Közgazdasági Szakközépiskola tanára. 1980-tól a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnáziumban tanít, 1984-től az iskola kémia tagozatán. 1981 óta 19 diákja végzett az OKTV, 14 diákja az Irinyi János kémiaverseny országos döntőjének 1-10 helyén. 1981 óta aktívan részt vesz az Irinyi János Országos Kémiaverseny döntőjének munkabizottságában. 1988 és 1992 között a József Attila Tudományegyetem megbízásából szakvezetői tevékenységet lát el. Részt vett a „Tehetséggondozás a középiskolai kémiaoktatásban” c. tanártovábbképzés beindításában is.

Rátz Tanár Úr Életműdíj

Idén első ízben ítélte oda a Richter Gedeon Rt., az Ericsson Magyarország Kft. és a Graphisoft R&D Rt. a magyar természettudományos oktatás támogatására alapított Rátz Tanár Úr Életműdíjat. A három nagyvállalat közös kezdeményezésének célja, hogy tisztelettel adózzon azon pedagógusok előtt, akik áldozatos szakmai munkájukkal kiemelkedő eredménnyel képzik a jövő tehetségeit, kimagasló eredményeket értek el a tehetséggondozásban és a népszerűsítésben. A díjat két-két matematika-, fizika- és kémiatanárnak ítéli oda a szakmai bírálóbizottság, amelynek elnöke Kroó Norbert, a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára. A díjátadó gálaest 2001. november 19-én volt a Thália Színházban.

A 2001. évi díjazottak: Hobinka Ildikó, kémiatanár (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Budapest), **Dr. Várnai György**, kémiatanár (volt iskolája:

Révai Miklós Gimnázium, Győr), Dr. Urbán János, matematikatanár (Berzsenyi Dániel Gimnázium, Budapest), Kővári Károly, matematika-tanár (Piarista Gimnázium, Vác), Szucsán András, fizikatanár (Batsányi János Gimnázium és Szakközépiskola, Csongrád) és Holics László, fizikatanár (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest).

Az alapítók a díj névadójául azért választották Rátz Lászlót, a Fasori Evangélikus Gimnázium legendás hírű matematikatanárát, hogy ne csak a világhírű tudósok neve és teljesítménye, hanem tanáraiké is közismertté váljék. Rátz László (1863-1930) a 20. század fordulójának kiváló pedagógusa, kiemelkedő szakmai felkészültségű tanáregyenisége volt. A híres Fasori Evangélikus Gimnázium matematikatanáraként 35 éven át, nyugdíjazásáig tanított. Egész pályafutása alatt arra törekedett, hogy minden diákja megértse és megszeresse a matematikát. Ezt többek között lenyűgöző személyiségével és előadásaival érte el. A tanári hivatást mindennél fontosabbnak tartotta, a tehetségesebb diákokkal külön is foglalkozott. Tanítványa volt többek között Neumann János, az első számítógép megalkotója, valamint Wigner Jenő Nobel-díjas fizikus is.

Hobinka Ildikó

1970-ben szerzett kémia-fizika szakos diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. 1970-1981-ig a budapesti I. István Gimnáziumban tanított, 1981-től Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Gimnázium vezetőtanára.

30 éve rendszeresen és eredményesen vesznek részt tanítványai az országos tanulmányi versenyeken: 20 diákja jutott tovább az OKTV-n az első 10 helyre, 25 diákja vett részt és nyert számos díjat nemzetközi versenyeken, 12 diákja a hazai kutató diák versenyen, 26 diákja külföldi kutatótáborokban és konferenciákon vehetett részt a projekt-munkái elismeréseként. Számos diákja ért el helyezést a Hevesy és az Irinyi országos versenyeken.

1981-től vezeti a fővárosi kémiatanárok szakmai továbbképzését, 10 éve a kémia szakos

tanárjelöltek tanítási gyakorlatát (ELTE). Meghívott előadóként részt vesz az ELTE kémia módszertani oktatásában és tanártovábbképzésében is. Kémiai tankönyvet írt a gimnáziumok első osztálya számára (1988). Több mint 30 szakmai publikációja, oktató és népszerűsítő munkája, oktatófilmje jelent meg, 1980-tól mintegy 25 kémia oktatóprogramot írt diákjai közreműködésével. Részt vett 25 nemzetközi kémiaoktatási és fizikaoktatási konferencián. Hazai kitüntetések mellett megkapta a CEFIC (Genf) honorable mention kitüntetését az ipar és oktatás kapcsolatának fejlesztéséért (1997).

Dr. Várnai György

1950-ben szerzett kémia-fizika szakos diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, doktori fokozatát 1966-ban szerezte meg. 1948-50-ig a Chinoi Gyógyszervegyészeti Szakképző Iskolájában tanított, majd 1950-től 1987-ig (nyugdíjazásáig) a győri Révai Miklós Gimnázium tanára volt.

Diákjai kiváló eredménnyel szerepeltek az Irinyi-versenyeken, az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyeken. A Nemzetközi Diákolimpián 1 ezüstérmes diákja is volt. Számos oktatási anyag szerzője: 7 tankönyvet írt önállóan, 5 tankönyvet társszerzőkkel, 28 szakmai cikke jelent meg, oktatófilmeket készített a Tanszergyárnak. 7 alkalommal volt tanulmányúton, nemzetközi konferencián.

33 éven át volt szakfelügyelő. 1969-ben megindította az Irinyi tanulmányi versenyeket, alapító szerkesztője a Középiskolai Kémiai Lapoknak (KÖKÉL), amelynek 2001-ben a XXVIII. évfolyama jelenik meg. Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) elnökségi tagja volt 1999-ig, 1983 óta az MKE Kémiatanári Szakosztályának elnöke. A X. és a XX. Nemzetközi Kémiai Diákolimpián a nemzetközi zsűri tagja, a 16. ICCE (Kémiaoktatási Világkonferencia) szervezője volt. Apáczai Csere János-díjas, megkapta a MTESZ-emlékérmét, a Than Károly-emlékérmét és számos nívódíjat.

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

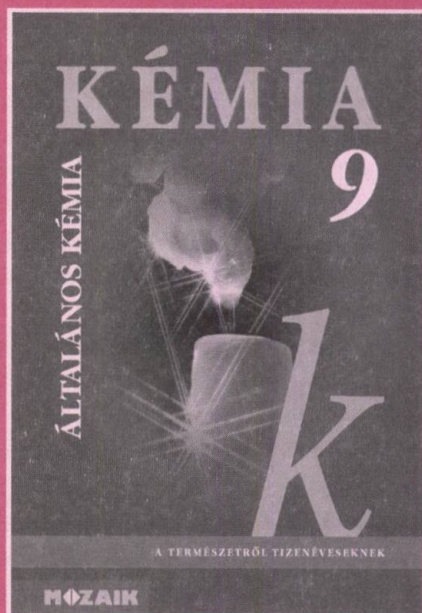
A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

Megjelentek a tankönyvcsalád
5. és 9. osztályos *kerettantervi* kötetei:
a Természetismeret 5., Földrajz 9., Fizika 9.,
Kémia 9. és a Biológia 9. tankönyvek.

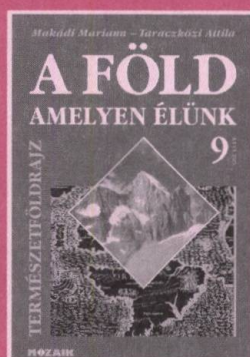
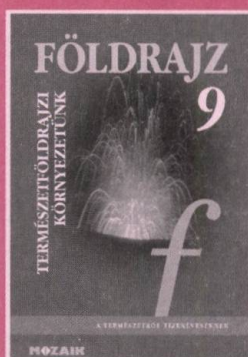
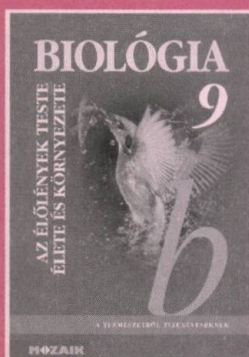
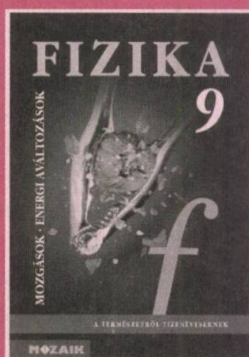
A 10. osztályos könyvek 2002 tavaszára,
a hatodikosok pedig a következő tanévre
készülnek el. A sorozat további tagjait
a kerettanterv bevezetésével
párhuzamosan dolgozzuk át.

A tankönyvekhez *munkafüzetek*
és *tudásszintmérő feladatlapok* kapcsolódnak.

A kerettantervhez igazodó 9. osztályos
könyvek 2001-ben elnyerték
a Hundidac Oktatási, oktatástechnikai és
Képzési Kiállítás Arany Díját.



KERETTANTERVHEZ IGAZODÓ 9. OSZTÁLYOS KÖTETEK



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK



A zeolitok karrierje

(Süli-Zakar Tímea – dr. Hannus István – dr. Kiricsi Imre)

Egy érdekes „mindennapi” jelenség, a fluoreszcencia

(Kálai Tamás)

Az arzén

(Marsi Enikő)

Ne legyen sótlan!

(Serényi János – Serényi Jánosné)

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1100 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden
Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

A zeolitok karrierje

Süli-Zakar Tímea – dr. Hannus István – dr. Kiricsi Imre

SZTE Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

Mindennapi kémia I.

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

Egy érdekes „mindennapi” jelenség,

a fluoreszcencia

Kálai Tamás, PTE, ÁOK,

Szerves és Gyógyszerkémiai Intézet

Az arzén

Marsi Enikő középiskolai tanár, ATIKÖFE, Szeged

Ne legyen sótlan!

Serényi János fizika-kémia szakos tanár

Serényi Jánosné fizika-kémia szakos tanár

Románia, Székelyföld, Parajd

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársaikat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Süli-Zakar Tímea – dr. Hannus István – dr. Kiricsi Imre

A zeolitok karrierje



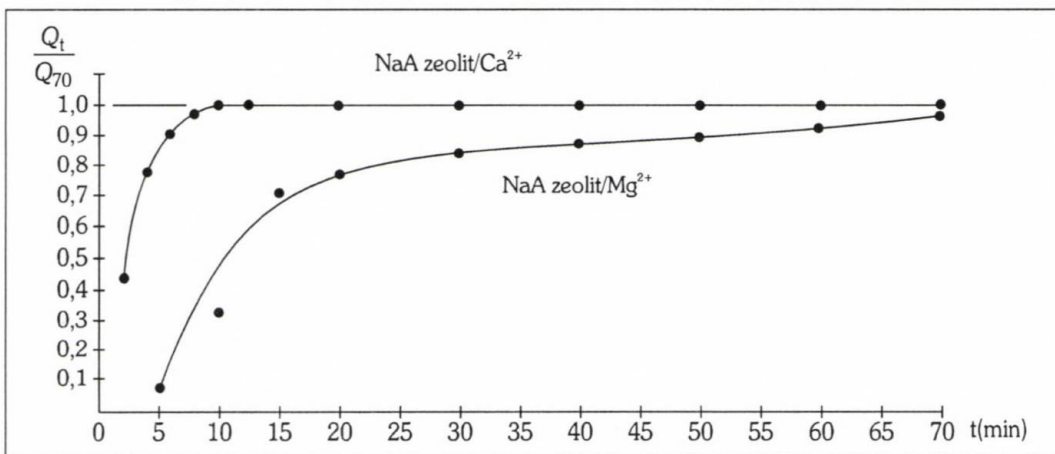
V. Kísérletek zeolittal

A sorozat előző részeiben [1, 2, 3, 4] bemutattuk a zeolitok tulajdonságait és hasznosítási lehetőségeiket többek között a környezetvédelem területén. Ebben a részben néhány egyszerű kísérlet leírása szerepel, melyekkel ezek a tulajdonságok be is mutathatók a diákok számára.

Az első kérdés az, hogy honnan jutunk vizsgálандó zeolithoz. Magyarországon az Ajkai Alumíniumipari Kft. gyárt évi húsz ezer tonna mennyiségben NaA zeolitot döntően mosópor-adalékként történő felhasználásra. Ezt 4A zeolitnak is nevezik, mivel a pórusok átmérője 4,1 Å. A pórusos jelleg az adszorpció tulajdonságok szempontjából lényeges, míg a nagy ioncsere kapacitás az alapja a vízlágyító sajátságának, aminek révén a környezetbarát mosóporok adalékanyagaként felváltották az algásodást okozó polifoszfátokat. Így NaA-hoz legegyszerűbben zeolitos mosóporból juthatunk.

NaA zeolit kinyerése mosóporból

Mivel a környezetbarát, zeolitos mosóporok NaA zeolitot tartalmaznak, nem kell más tennünk, mint vízben feloldanunk a mosópor összes többi alkotórészét, és visszamarad a vízben oldhatatlan alumínium-szilikát, a zeolit. Felhasználhatunk pl. TOMI Kristály mosóport. Ennek 25 g-ját (térfogata ~45 ml) 2 l desztillált vízben oldjuk fel. A nem oldódó zeolitot hagyjuk leülepedni, a tisztáját leöntjük, és a maradék sűrű zagyot finom szűrőpapíron szűrjük, mivel a NaA kristályai néhány mikron (μ m) átmérőjűek. Ezért könnyíti munkánkat, ha ülepítés után kisebb mennyiségű folyadékot kell szűrünk, ill. ha vízsugárszivattyú segítségével vákuumszűrést alkalmazunk. A szűrés végén a zeolitot desztillált vízzel jól átmosuk. A kapott zeolit tömege megadja a mosópor százalékos zeolit tartalmát. Ehhez azonban figyelembe kell vennünk, hogy a zeolitok nagyon jó vízmegkötő tulajdonsággal



1. ábra

Az ioncsere sebessége TOMI mosóporból kinyert NaA zeolitban (Q_t/Q_{70} az adott időpontban lecserélt Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ionok mennyisége a 70. percben mért ioncseréhez képest)

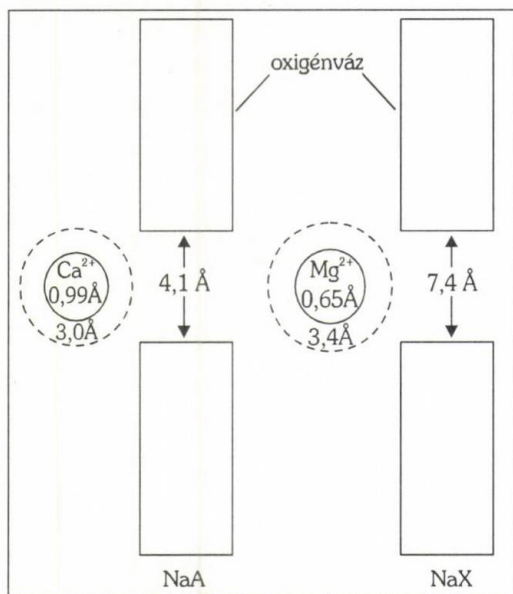
rendelkeznek, és tömegmérés előtt 350-400 °C-on kell a zeolitot kihevíteni.

A NaA vízlágyító tulajdonsága

Tzt legegyszerűbben a mosószer habzásának vizsgálatával ellenőrizhetjük. Töltsünk meg félig csapvízzel két nagyobb kémcsövet! Az egyikbe tegyünk 0,25 g NaA zeolitot, és mindkettőbe csöpptsünk egy csepp folyékony mosószert. Ha összerázzuk, a zeolitos kémcsőben nagyobb hab képződik. A csapvíz Ca^{2+} és Mg^{2+} ionjai ki-csapják a mosószer aktív molekuláit, így kevésbé habzik, míg a zeolit a keménységet okozó ionokat Na^+ -ra cseréli, így a mosószer teljes mennyisége ki tudja fejteni felületaktív hatását.

A NaA szárító sajátsága

A mivel a zeolitok mind a természetben, mind a szintetikus előállítás során hidrotermális körülmények között, azaz vizes oldatból keletkeznek, a vízhez való affinitásuk nagy. A NaA zeolit száraz tömegének mintegy 20 %-át képes vízből adszorbeálni. Ezt úgy határozhatjuk meg, hogy adott mennyiségű zeolitot egy éjszakán át



2. ábra
A Ca^{2+} - és Mg^{2+} -ionok bejutása a zeolitüregekbe

400 °C-on tartunk, ezután megmérjük a pontos tömegét, és nedves környezetben hagyjuk, hogy az adszorpció egyensúly beálljon. Ezután újra mérve a tömegét megkapjuk az adszorbeált H_2O mennyiségét.

Az ioncserélő tulajdonság meghatározása

A NaA zeolitot a következő közelítő képlettel írhatjuk le: NaAlSiO_4 . Ha NaA zeolitot Ca^{2+} ionokat tartalmazó oldatba teszünk, akkor a teljes ioncsere eredményeként a $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSiO}_4$ összetételű zeolitot kapjuk. Az ioncsere mértékét az oldat Ca^{2+} tartalmának csökkenését mérve határozhatjuk meg.

Az ioncseréhez oldjunk fel kb. 15 g $\text{CaCl}_2 \times \text{H}_2\text{O}$ -ot 200 ml desztillált vízben. Az oldat pontos koncentrációját (faktorát) EDTA mérőoldattal történő komplexometriás titrálással határozzuk meg. (A módszer leírása az alap analitikai könyvekben, pl. [5] megtalálható).

Az ioncseréhez 100 ml CaCl_2 -oldatba 6 g előzetesen 400 °C-on kiszárított NaA-t adunk, fél órát kevertetjük, majd hagyjuk a zeolitot leülepedni. A kiindulási CaCl_2 -oldattal azonos térfogatot megtitrálva ki tudjuk számolni az ioncsere mértékét. 6 g NaA zeolit teljes cseréjéhez, hogy NaAlSiO_4 -ból $\text{Ca}_{0,5}\text{AlSiO}_4$ -et kapjunk, 0,021 mol Ca^{2+} szükséges. Ez az elméleti ioncserekapacitás, ami 196 mg CaO-nak felel meg 1 g száraz zeolitra számolva. A gyártó cégek minimum 160 mg CaO-nak megfelelő ioncserekapacitást garantálnak.

Ca^{2+} -ionok cseréjének vizsgálata csapvízből

200 ml csapvízbe 0,1 g NaA zeolitot tegyünk. (Számolva az adszorbeált víz mennyiségével.) A felkevert oldatból ezután 2 percenként vegyünk mintát a 10. perctől, majd 10 percenként a 70. perctől. A mintából centrifugálásos ülepítéssel eltávolítjuk a még le nem ülepedett zeolitrezecskéket. Majd ebből 5 ml oldatot mérünk ki, és desztillált vízzel 100 ml-re hígítva 250 ml-es Erlenmayer-lombikba öntsük. A Mg^{2+} -ionok csapadékba vitele céljából 2 ml 10 %-os NaOH-oldatot adjunk hozzá, majd 0,1 - 0,2 g

szilárd hígítású murexid indikátort használva 0,001 M EDTE oldattal titráljuk, míg a rózsaszín folyadék ibolyaszínű lesz.

Mg²⁺-ionok cseréjének vizsgálata csapvízből

A Mg²⁺-ionok vizsgálata során 200 ml csapvízbe 1 g NaA zeolitot tegyünk. (Figyelembe véve az adszorbeált víz mennyiségét.) A mintavétel ugyanúgy történik, mint a Ca²⁺-ionok mennyiségének meghatározása esetében, annyi különbséggel, hogy kezdetben 5 percenként vegyünk mintát a 20. percig, majd 10 percenként a 70. percig.

A centrifugálásos ülepítéssel kapott oldatból 5 ml-t vegyünk ki, és hússzorosára hígítsuk. Ezután 6 ml 25 %-os ammóniaoldatot öntsünk hozzá, majd 0,1-0,3 g szilárd hígítású eriochróm-fekete -T indikátor mellett addig titráljuk 0,001 M EDTE mérőoldattal, amíg a folyadék ibolyapiros színe állandó kékre változik.

A Q_4/Q_{70} hányadost ábrázolva az idő függvényében az 1. ábrán látható ioncserekinetikai

görbéket kapjuk. (Q_t a t időpontig cserélt ionmennyiség, míg Q_{70} a 70. percig lecserélt ionok mennyisége.) Jól látszik, hogy a zeolit 10 perc után eltávolította a vízben lévő Ca²⁺-ionokat, de a Mg²⁺-ionokat csak 70 perc elteltével.

A nem elég gyors magnézium-megkötés javítható, ha a NaA zeolithoz egy nagyobb pórusméretű zeolitot, NaX-et is kevernek.

A 2. ábra azt érzékelteti, hogy míg a hidratált Ca²⁺-ion kisebb mérete miatt gyorsan bejut a 4,1 Å átmérőjű zeolit üregbe, addig a kisebb ionátmérőjű, de nagyobb hidrátburokkal rendelkező Mg²⁺-ionnak ez sokkal lassabban sikerül. A NaX zeolit nagyobb, 7,4 Å pórusátmérője viszont biztosítani tudja a gyors bejutást.

Irodalom:

[1-4] Hannus I., Kiricsi I.: A Kémia Tanítása, 4(4), 1996, 5(2), 1997, 6(5), 1998, 7(1-2), 1999.

[5] Schulek E., Szabó Z.L.: A kvantitatív analitikai kémia elvi alapjai és módszerei. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

Szalay Tibor

Mindennapi kémia I.

Okozhat-e csonttritkulást az ásványvíz?

(A legfontosabb értékünk az egészség, avagy még sem?)

Bevezetés

Hgy igazán találó megállapítás szerint az ember előbb (élete első szakaszában akaratlanul, netán buta módon) mindent megtesz szíve tönkretételére, később pedig még inkább, de már tudatosan, hogy meggyógyuljon. Pontosabb és általánosabb lenne egy kettős tagadás: az ember (többnyire) semmit sem tesz meg annak érdekében, hogy ne legyen beteg. (L. betegségmegelőzés.) *Egészségünket tehát többnyire akkor kezdjük csak igazán értékelni,*

amikor már elvesztettük, netán már helyrehozhatatlan állapotba kerültünk. Alighanem ez lehet a legfontosabb kérdés, amire előbb vagy utóbb, de mindenkinek válaszolnia kell, már aki egyáltalán törődik sorsa alakulásával. „Hol rontottam el, mit kellett volna tennem betegségem megelőzése érdekében?”

Úgy vélem, többnyire ide vezethető vissza az egyre gátlástalanabban szaporodó, mások becsapására és átverésére kitervelt, sokféle alapra hivatkozó, pl. auralató vagy érzékelő, a bioenergiával, vagy a különféle nevezett sugár-

zásokat érzékelő, de pl. báránnyal (!) árnyékoló stb. „mágikus erővel” gyógyító akárkik sikere, az igazán szomorú, netán tragikusan végződő esetek ellenére is [2].

A fenti címben szereplő kijelentést, mint magától értetődő, egy vegyész-mérnökötől hallottam¹, nem kis meglepetéssel. Az ehhez hasonló, megtevesztési szándékot álcázó hírek² és hirdetések sora szinte végtelen. Ezek visszaszorítása céljából választottam ki ezt, hogy lehetséges okát és forrását megvilágítsam, és nyilvánvaló képtelenségét kimutassam, megmagyarázzam.

A már megbetegedett és sokszor a kétségbeesett emberek körében általában uralkodóvá válik a hiszékenységi, netán valami csodavárás. **Mindehhez ideális terepet jelent a butaság.** Állandóan növekszik az áldozatok száma³. A rászédett emberek már nem a „saját szemüknek hisznek”, minthogy nem a meglévő vagy elérhető ismereteket fogadják el, hanem bedőlnek a szélhámosoknak, a csodatevőknek [3]. (Pl. egy csodaszernek azért „nincs mellékhatása, mert nem gyógyszer”, ti. ez utóbbit nem tudták, mert nem is lehetett bebizonyítani.) Ezzel szemben, nem kétséges és mindenki számára nyilvánvaló, hogy *alig néhány évtized alatt a reáltudományok teremtették meg a soha nem remélt minőségű, valóban emberhez méltó, szép és egészséges*

életmód feltételeit. Mindez – elvileg – elérhető közelségbe került. Legalább is ezt kellene elvárni az optimális felépítésű, tudásalapú társadalomtól, amelyben az egyén tehetségétől, szorgalmától és akaratától függően érvényesül...

Igazán sajnálatosan és rendkívül elkedvetlenítően ezzel éppen ellentétes tendencia érvényesült, aminek nyomán *fejre állt az értékrend, a társadalom mély erkölcsi válságba került.* (L. a kilátástalan helyzetbe kerültek növekvő száma.)

A huszadik századot sok jelzővel látták már el. Természetesen mindegyiknek volt és van is realitása, még ha időközben jelentőségbe súlyeltolódások következtek is be, és teljes átfedésbe kerültek: az atomenergia évszázada (ennek már az elfelejtésére is ösztönöznek napjainkban), az elektromosság és elektronika, az informatika, a gépkocsik, az orvostan és genetika, vagy átfogóbban a biológia kora. Az új évszázadtól viszont már *eleve azt várják el, azt hangoztatják, hogy benne a társadalom tudásalapú lesz.* Ennek az elvárásnak azonban ára van, sok feltételnek kell teljesülnie. Ezek egyike a kémia jelentőségének a fel- és elismertetése, vagyis fontosságának és tekintélyének az elfogadtatása, de nem kevésbé kívánatos **a hozzáértő, szakszerű alkalmazás és hasznosítás is.** (L. környezetszennyezés.)

¹ Ez legalább annyira elgondolkodtató, mint egy másik vegyész-mérnök magyarázata, aki szerint az ammóniumnitrát + karbamid - keverék vizes oldata hatásosabb lenne, mint az erre a célra hagyományosan használt konyhasó (NaCl), sőt a keverék még tartósabban, hosszabb ideig is hatna. 1999 januárjában a Ferihegyi repülőtér kifutópályáit egy „csodaoldattal” fagyaltanították. A fagyáspontcsökkenés (ΔT) a molalitás (m) függvénye, azaz az 1000 g vízben oldott anyagmennyiségtől függ, pontosabban pedig az oldott részecskék relatív molekulatömegben kifejezett mennyiségétől: $\Delta T (K) = 1,86 \cdot v$, ahol v a részecskeszám, a konyhasóé 2, a keveréké pedig 3. A konyhasó relatív móltömege kb. 60 g/mol, a keveréké pedig $80 + 60 = 140$ g/mol. Amennyiben 1-1 kg jeget veszünk számításba, és mind a konyhasóból, mind a keverékből 60 g-ot veszünk, akkor az előbbi esetben $m = 1$, a másikban pedig $60/140 = 0,428$, ezért a fagyáspontcsökkenés $1,86 \cdot 2 = 3,72$, illetve $2,39$ K. Könnyen kiszámítható, hogy a konyhasó mintegy 1,5-szer hatékonyabb. Ezt még tovább rontja az oldat oldószer vize, ugyanis kissé hígítja a hóból keletkező keverékoldat koncentrációját. Alighanem a (ki tudja miért) tárolt műtrágyákat akarták, átvitt értelemben is, elsózni. Különböző keverék legalább annyira problematikus a vasbeton-szerkezetek korróziója és károsodása szempontjából, mint a nátrium-klorid [4]. Ne feledjük, hogy a hidak többségét vasbetonból készítik, márpedig mindhárom anyag közvetve és/vagy közvetlenül roncsolja a beton szerkezetét.

² A sörök rákkeltő anyagokat, a vörösborkok polifenolokat tartalmaznak (mennyit, konkrétan mit, nem érdekes!), enél fogva egészségesebb a fehérborok fogyasztása, kávé helyett jobb teát inni, jóllehet ez utóbbi alumíniumtartalmú (állítólag Alzheimer-kórt okoz [2]). A trükkök sorát szinte nélkül folytathatnánk. Legújabbban egy vezető reklámszakértő azzal érvelt a készülő dohányárak reklámozását korlátozó törvénnyel szemben, (néhány évre visszanyúló statisztikai adatokra hivatkozva), hogy a reklámtevékenység nincs hatással a dohányzók számára, illetve a dohányárak fogyasztására. (Akkor miért lenne baj a korlátozás? Miért kell egyáltalán a reklám?)

³ Ugyancsak a rádióból értesülhettünk arról, hogy a daganatos megbetegedések száma a 2000. évben kb. 30 %-kal növekedett az előző évihez képest. Annak ellenére, hogy -ugyancsak statisztikai felmérések szerint Magyarországon kivételesen nagymértékű a különféle cseppek, plusz-készítmények stb. fogyasztása. Bizonyára tanulságos lenne megvizsgálni, hányan lettek kárvallottak...

E cikksorozat kezdeményezésével a kémia sokrétű és felbecsülhetetlen értékű szerepét szeretnénk bemutatni mindennapi példák segítségével, vagyis szemmel láthatóvá és nyilvánvalóvá tenni.

A kémiai (molekuláris) szemléletmód

Jsmert, hogy a természettudományos világkép a modellalkotások és azok helyessége („működőképessége”) ellenőrzésének végtelen során át épült, illetve alakult ki, miközben jól érzékelhetően bővül és gyarapodik, egyre inkább kiteljesedik. Természettudományos világképünk tehát sokszínű és sokrétű lett, általános elfogadásra talált [1].

Bármennyire is meglepő, mégis nyilvánvaló, hogy a *nem tudásból folyamatosan haladunk az egyre többféle nem tudás felé.* (Ennek ellenére, pl. a NASA sikeres Apolló űrprogramja, avagy a Jupiter-űrszonda megalkotói, akik pl. 1 másodpercet tévedtek, amikor megtervezték, hogy kilövés után, adott kritikus helyen, mikor lesz egyenlő a Földnek a szondára ható gravitációja egy másik bolygóéval.)

A modellalkotások egész sora vezetett el az anyagi világ megértéséhez, jól felhasználható ismeretekhez. Többek között arra a felismerésre is, hogy **az anyagi rendszerekben általában,** de mindenekelőtt a kémiában és biológiában **az atomi és molekuláris szinten bekövetkező folyamatok a meghatározóak,** vagyis döntő fontosságúak. Következésképpen a feltételezések érvényességét ezen a szinten lehet és célszerű megközelíteni, ellenőrizni, elfogadni vagy éppen séggel elvetni. Röviden: kritikával fogadni [2, 3].

A csont összetétele és kialakulásához szükséges, illetve a stabilitásért és az egyensúlyi állapotért felelős anyagtranszport

Az emberi csont főtömegét a csontszövet alkotja, amelynek szilárdságát szervesen, rugal-

masságát pedig *szerves alkotóanyagai* adják. Állománya kétféle: kemény, tömött *csontállomány*, valamint lemezek és gerendák hálózataból álló *szivacsos állomány*, ez utóbbiban található a vérképzés fontos szövete, a *csontvelő*.

Kívülről a véregekben és idegekben gazdag hártya burkolja. A lemezes felépítésű csontszövet szerkezeti egységei az *oszteonok*. Ezek közepén *verér* halad, amelyet koncentrikus körökben az egymáshoz nyúlványokkal kapcsolódó csontsejtek és lemezek vesznek körül. A lemezekben enyvadó („ragasztó”) rostok haladnak. A csont felépítését szemléltető nagyított ábra szerint, a Havers-csatornában futó erek: artéria, véna és nyirokér (L. [5], a 383. és 384. oldalon, illetve a 480. és 481. oldalak között a 2. oldalon lévő, színes ábra).

A feltételezeten csontritkulást okozó ásványvíz a szilárdságot fenntartó szervesen (nagyon leegyszerűsítve: **kalcium** (+stroncium) – **karbonát** (+foszfát) anyagokra hat, illetve ezek felépítését támadja meg, tehát a *kemény állomány szerkezetét károsítja*. Ha igaz lenne ez a feltevés, akkor valamiféle *cseppkőképződési mechanizmus* fellépését lehet elképzelni, mint-hogy a hidrogén-karbonát (HCO_3^-)-ionok lazítanák meg és vinnék oldatba a váztartó és stabilizáló szerepet betöltő kalciumionokat, az eredeti (közelítőlegesen) kalcium-karbonát (CaCO_3)-tartalmú csont keményállományából. Ehhez azonban a **szén-dioxiddal (CO_2) dúsított ásványvízből⁴ a hidrogénkarbonát-ionoknak el kell jutniuk a csontrendszerbe.** (Az ásványvizekben valóban sok hidrogénkarbonát-ion lehet jelen, természetesen a mindenkori összetételtől függően, minthogy ezek eredeti pH-ja általában kb. 6-8 pH-tartományba esik.)

Az emberi testet egy jól szabályozott kémiai-, elektrokémiai és biokémiai **reaktor-rendszerként lehet modellezni** [2], amelyben az ásványvíz összetevői átalakulnak. Kémikusoknak könnyű belátni, hogy a gyomorban lévő kb. 0,1 mólós sósav kiszorítja (felszabadítja) a szén-dioxidot (L. *büfögési tünetek*), tehát igen kicsi a való-

⁴ A vizek friss ízének állandósításában nagy szerepe van a szén-dioxidnak, illetve a belőle képződő, főként a hidrogénkarbonát-ionok koncentrációjának. Ezért közkeudultak a széndioxid tartalmú ásványvizek, vagy éppenséggel ezzel dúsított, mesterségesen előállított szódavizek. (L. még sörök, pezsgők stb.) Az állott, vagyis már nem frissnek érzett vízben az ionegyensúly kedvezőtlen irányban van eltolódva. A természetes vizek ionegyensúlyának a kialakításában részt vesznek a szilikátionok (kissé önkényesen: HSiO_3^- , SiO_3^{2-}) is, amelyek éppen bizonytalan összetételük, vagyis kis stabilitásuk miatt gyorsabban és talán még inkább kihatnak a víz élvezeti értékére, azaz a mindenkori víz friss érzetének a keltésére [6].

színüése annak, hogy az emésztőrendszeren át az ásványvízből hidrogénkarbonát-ionok jutnak a csont érhálózatába. Gondoljunk azonban arra is, hogy az étellel mi minden jut be szervezetünkbe, és hogy végül a csontrendszer felépülése, állapota stb. semmiképpen sem függhet az időnként fogyasztott (szokásos összetételű) ásványvíz mennyiségétől. (Ez a megállapítás valószínűleg nem lehet igaz a foszfát-tartalmú italokra.)

Ha a szén-dioxid bejutása az emberi szervezetbe csonttritkulást idézne is elő, akkor az emberi test felépítése és működése eleve rossz lenne. Hiszen a tüdőben, **vérerek közreműködésével, a levegőből bekerülő létfontosságú oxigén és az anyagcsere égésterméke, a szén-dioxid szelektív molekulacseréje megy végbe: a vénás erek szállítják a szén-dioxidot és az oxigénben feldúsult vér pedig az artériás erekben jut vissza a megfelelő szervekbe, illetve helyekre.** Ha bármilyen oknál fogva nem tökéletes ez a folyamat, pl. a CO_2 molekulák mennyisége nem csökken le kellően az artériás erekben. (Ebben az esetben valóban fel lehetne tételni a hidrogénkarbonát-ionok vázolt, nemkívánatos csontszerkezet-lazító hatását.) A szén-dioxidnak tehát természetesen fontos szerepe van a csontrendszer fel- és leépítésében, de ehhez semmi köze sem lehet a folyadékként elfogyasztott ásványvíznek.

Következtetés: Az optimálisan működő emberi testben az **ásványvizek általában** (hangsúlyozzuk, hogy összetételük széles határok között változik, ezért az ilyen általánosítás csak korlátozottan lehet érvényes!) és **önmagukban közvetlenül nem okozhatnak csonttritkulást.** Ehhez a szervezet egyensúlyának felborulása és működési zavara szükséges, ami a vázlatknál bizonyára összetettebb módon indul el, illetve megy végbe. Ennek tárgyalása azonban közel sem csak terjedelmi okokból haladja meg nyilvánvalóan „a kémikus” ismereteit. Ez a probléma már messze túlmutat a kémián.

Összefoglalás

A természettudományok között talán a kémia az, aminek jelentőségéhez és széleskörűen szerteágazó, óriási szerepéhez kétség sem férhet. Mint-hogy nemcsak az anyagtudományokban van

kulcsszerepe, hanem a biológiában, a gyógyászatban vagy általában az orvostudomány egészében is, de mindennapi életünkben: az iparban, a mezőgazdaságban, a közlekedésben, a háztartásban egyaránt, vagyis bárhol és mindenkor tetten érhető. Talán ezért is kevésbé ismerik el, nem igazán értékelik. Hiszen annyira megszoktuk, mert annyira természetes, mint a napfény, vagy mint az itt tárgyalt egészség. Többnyire csak a hiányra figyelünk fel, vagyis csak akkor kezdjük értékelni őket, amikor már hiányoznak, vagy akkor vesszük komolyan, amikor már veszélybe kerülünk, valamilyen zavar lépett fel.

Egy tervezett cikksorozat keretében számos példát szeretnék mindennapjaink kémiájából bemutatni, amelyek kézzel foghatóvá teszik és bizonyíthatják előbbi megállapításunk érvényességét, igazolják azt.

Ebben a felvezető cikkben egy, az orvostudomány, a biokémia és a biológia területére átnyúló példa kémiai oldalát törekedtünk bemutatni. Miközben megkíséreltük megmagyarázni, illetve cáfolni azon téves feltételezést, miszerint a szokásos ásványvizek csonttritkulást okoznának.

Ha egyáltalán az ásványvizekben a friss íz érzetét keltő szén-dioxidnak, és ezen keresztül a hidrogénkarbonát-ionnak szerepe is lenne a csonttritkulásban, akkor sem az időnként viszonylag kis mennyiségben, gyomron át bejutó, ásványvíz szén-dioxid-tartalma idézi ezt elő, hanem inkább a tüdőben, netán valamiért megzavart oxigén és szén-dioxid molekulacsere következtében e molekuláknak a vénás és artériás erekben kialakuló esetleg nem megfelelő koncentrációviszonya miatt indul el a szóban forgó leépülés.

Irodalom

- [1] Vámos T.: A gondolkodás lépésváltása. Természet Világa, 131 (7), 292 (2000)
- [2] Szalay T.: A tájékoztatás és tudatformálás előfeltétele a szavak és fogalmak értése és megértése. (A Természet Világa 1999. évi pályázati felhívására benyújtva.)
- [3] Szalay T.: A kémiai (molekuláris) szemléletmód érvényesítése. A Kémia Tanítása, VII (3), 3 (1999)
- [4] Szalay T.: A beton és a vasbeton a kémia és az elektrokémia tükrében. Ibid.: VII (5) 3 (1999)
- [5] Akadémiai Kislexikon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989, A-K kötet
- [6] Szalay T.: Mikor víz „a víz”? Természet Világa, 130 (6) 253 (1999)

Kálai Tamás

Egy érdekes „mindennapi” jelenség, a fluoreszcencia

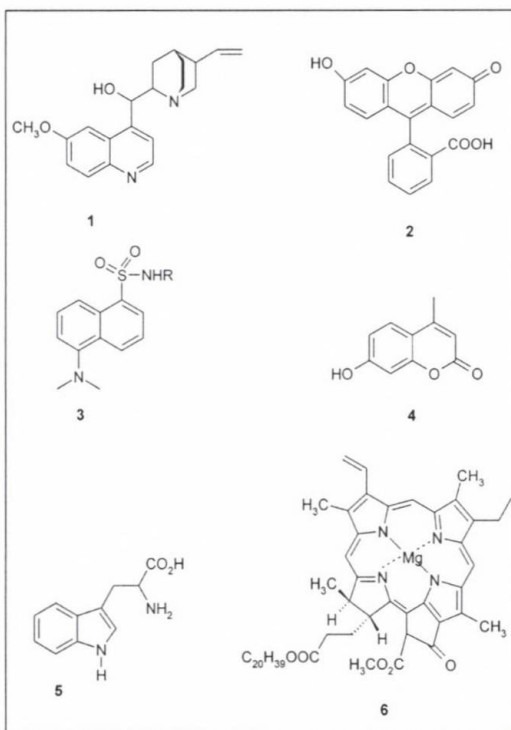
A mikor postán vagy üzletben nagy címletű bankjeggyel fizetünk, naponta tapasztaljuk, hogy a pénztáros egy kékes fényű lámpa, ún. UV lámpa alatt gondosan megvizsgálja a bankjegyeket, hogy nem hamisak-e. Ilyenkor azt vizsgálja, hogy a bankjegy sorozatszámai és a biztonsági papír anyagában levő rostok világítanak (fluoreszkálnak)-e. Mi is az a fluoreszcencia? Hogyan mutathatjuk be órán vagy szakkörön? Mi kell ahhoz, hogy egy molekula fluoreszkáljon, és ezt a fluoreszcenciát szabad szemmel észleljük?

A fluoreszcencia a lumineszcencia egyik formája. Lumineszcenciának hívunk minden nem hőmérsékleti sugárzáson alapuló fénykibocsátással járó jelenséget, pl. ilyen a kemilumineszcencia [1], vagy a biolumineszcencia, mint pl. a szentjánosbogarak világítása. A fluoreszcenciát Sir John Frederick William Herschel angol természettudós fedezte fel még 1845-ben, amikor a kinin-szulfát (1) fluoreszcenciáját írta le [2, 3]. Akkoriban a jelenséget még nem tudták értelmezni, és csaknem egy évszázadnak kellett eltelnie, hogy a molekulapálya-elmélet kifejlődése, illetve a spektrofluoriméterek elterjedése után a fluoreszcencia jól értelemezhető és mérhető legyen, lassanként mindennapjaink részévé váljon.

Azóta a kinin-szulfáton kívül számos más mesterséges festéket fejlesztettek ki, amelyek fluoreszcenciát mutatnak [4, 5]. Ilyen például a fluorescein (2), az 5-dimetilamino-naftalin-szulfonsav (danzil) származékok (3), a 4-metil-7-hidroxi-kumarin (4), melyeket kovalens kötés kialakítására alkalmas funkciócsoporttal ellátva nem fluoreszkáló biomolekulák (pl. zsírok, DNS, RNS) jelzésére [6, 7] használnak. A teljesség

kedvéért meg kell említenünk, hogy számos, a természetben előforduló molekula szintén mutat fluoreszcenciát, pl. a triptofán nevű aminosav (5) vagy a klorofill (6) (1. ábra).

Hogyan értelmezhető a fluoreszcencia az elektronelmélet alapján? Ehhez az ún. Jablonski-diagram (2. ábra) nyújt segítséget. Az abszorpció egy 10-15 s alatt lejátszódó folyamat, s az így gerjesztett elektron spinjét megtartva valamely magasabb energiájú molekulapályára, S1 (szingulett) állapotba kerül. Ilyenkor a gerjesztett állapottal három dolog történhet. Az el-



1. ábra

Természetes és mesterséges fluorofórok

ső lehetőség: a gerjesztési energiát a molekula hő formájában leadja molekuláris ütközések, konformációs mozgások, ill. kötések rezgése során (ez a ún. belső konverzió), s valójában ez a leggyakoribb. A második lehetőség: a molekula fény formájában a gerjesztés után mintegy 10^{-10} - 10^{-8} s múlva kisugározza a fölös energiát a legkisebb vibrációs energiájú gerjesztett állapotból, ez a fluoreszcencia, s ez már ritkábban következik be. A harmadik lehetőség: az elektron spinje ellenkezőjére vált, és a molekula ún. tripllett állapotba kerül (intersystem crossing), ez egy energetikailag tiltott folyamat. A tripllett állapotból történő fénykibocsátást, amely akár a gerjesztés után 10^{-6} -30 s múlva következhet be foszforeszcenciának nevezzük [8]. Természetesen a tripllett állapotból is történhet energiavesztés hőkibocsátás formájában. A szingulett-tripllett állapot tiltottsága miatt a foszforeszcencia még ritkább jelenség, mint a fluoreszcencia és jobbra alacsony hőmérsékleten és szilárd halmazállapotban fordul elő.

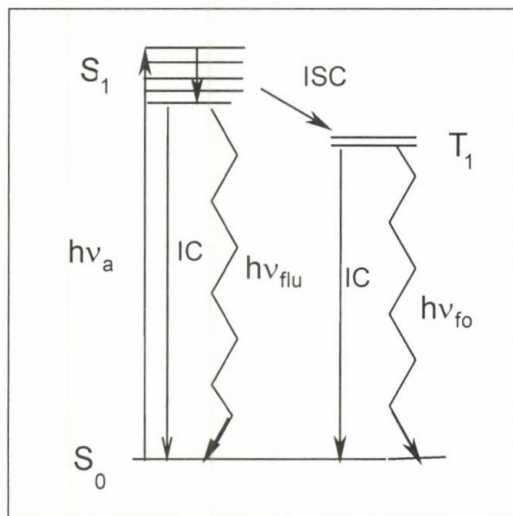
Mindezek alapján számos kérdés tisztázható, ill. értelmezhető a fluoreszcenciával kapcsolat-

ban. Fluoreszcenciát általában aromás, ill. heteroaromás vegyületek mutatnak, hiszen ezek szerkezetileg merev rendszerek, és rezgés, ill. konformációs mozgások során nem adják le az energiát (mint pl. az alkánok, ahol a gerjesztési energia a konformációs mozgások során elvész). A fluoreszcencia másik fontos feltétele, hogy a molekulában könnyen gerjeszthető elektronok, főleg π -elektronok legyenek. Ha fénykibocsátásra kerül sor, akkor a kibocsátott fény hullámhossza hosszabb (azaz kisebb energiájú), mint a gerjesztő fény hullámhossza, ez azért van, mert a molekula az eredetileg felvett energiából valamennyit a 10^{-10} - 10^{-8} s gerjesztett állapot élettartama alatt is veszít, így a kibocsátott (emittált) fény energiája kisebb, hullámhossza következésképp nagyobb (3. ábra). A fluoreszcencia jellemzői: a gerjesztési spektrum maximuma (kinin esetében ez 366 nm) és az emissziós spektrum maximuma (450 nm), továbbá a kettő közötti különbség, az ún. Stokes-eltolódás (ez a kinin esetében 84 nm). További fontos „steady-state” paraméter még a kvantum hatások (Φ).

Ez fluoreszcencia esetében

$$\Phi = \frac{\text{emittált fotonok száma}}{\text{abszorbeált fotonok száma}}. \text{ Ahol } 0 \leq \Phi \leq 1.$$

Minél nagyobb a kvantum hatások, annál erősebben fluoreszkál a molekula. Ahhoz, hogy szabad szemmel jól lássuk a fluoreszcenciát, a kibocsátott fénynek 400-700 nm-es tartományba kell esnie, továbbá a fluoreszcencia kvantum hatásfokának is elfogadhatóan nagy

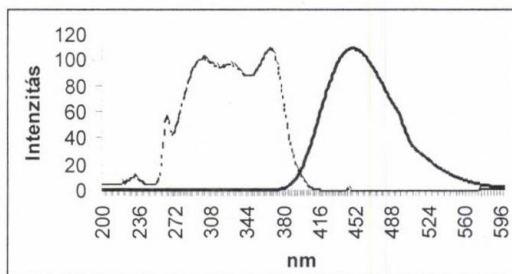


2. ábra

Jablonski-diagramm

Jelmagyarázat: $h\nu_a$ -abszorpció, $h\nu_{flu}$ -

fluoreszcencia, $h\nu_{fo}$ - foszforeszcencia, IC-belső konverzió, ISC- szingulett-tripllett átmenet, S_0 -szingulett alapállapot, S_1 -szingulett gerjesztett állapot, T_1 -tripllett állapot



3. ábra

0,13 mmol/dm³ koncentrációjú kinin-szulfát (1) gerjesztési (szaggatott vonal) és emissziós spektruma (vastag, folytonos vonal) 0,2 mol/dm³ vizes kénsavoldatban.

értéknek, legalább 0,05-0,1-nek kell lennie (bár a szem érzékenysége hullámhossz függő, és egyénileg is változhat). Természetesen a műszeres (fluorimetriás) vizsgálatok 200-900 nm-es hullámhossz tartományra is kiterjednek, és jóval nagyobb érzékenységgűek mint az emberi szem. A fluoreszcencia mint optikai spektroszkópiai módszer pont azért terjedt el, mert nagyobb érzékenységgű, mint az abszorpciós spektroszkópia. Ez azzal magyarázható, hogy a gerjesztett molekulák által kibocsátott fényt nem egy erős intenzitású fényforrással szemben, hanem arra merőlegesen érzékeljük. A fluoreszcencia hátránya, hogy sok faktorra (pl. oldószer, hőmérséklet, a környezet polaritása stb.) érzékenyebb, mint a hagyományos abszorpciós spektroszkópia, de ugyanakkor ez a módszer erőnye is. Hiszen a fluorofor molekula a környezetében bekövetkező változásokra a fénykibocsátás hullámhosszának, vagy a fluoreszcencia intenzitásának a megváltoztatásával, vagy éppen a fluoreszcencia eltűnésével (kioltódásával) reagál.

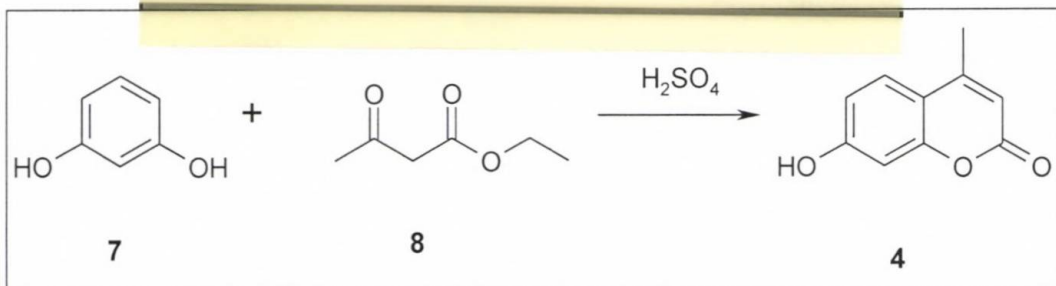
Hogyan mutathatjuk be órán vagy szakkörön a fluoreszcenciát?

Fluoreszkáló anyagot, kinint (1) tartalmaz a tonik üdítő. Így csak azt kell tennünk, hogy főzőpohárba kiöntünk 100 cm³ tonikot, majd hagyjuk a vizet szobahőmérsékleten elpárologni (2-3 nap). A maradékhoz 30 cm³ 0,1 mol/dm³-es kénsavat öntöttünk, és az így kapott oldat már kész is a felhasználásra. Elsötétített teremben egy pénzvizsgáló lámpa alá helyezve szép kékes-fehér fluoreszcenciát láthatunk.

Fluoreszkáló anyagot, 4-metil-7-hidroxi-kumarint (4) mi magunk is előállíthatunk a von-Pechmann [9] reakcióval rezorcinnál (7) és acetecetészterből (8) kiindulva (4. ábra). Egy 25 cm³-es gömblombikban vízfürdőn visszafolyós hűtő alatt melegítjük 1,1 g rezorcinnál (0,01 mol), 1,3 cm³ (0,01 mol) acetecetészter és 10 cm³ 75 %-os kénsav elegyét. A sötétzöld oldatot lehűtjük, majd 50 g tört jégre öntjük. A kivált kristályokat Büchner-tölcséren szűrjük, 20 cm³ vízzel mossuk. A terméket metanollal (10-12 cm³) átkristályosítjuk. Termelés kb. 1,0 g, op.: 190-192°C. Az anyag fluoreszcenciáját a fentiekhez hasonlóan jól érzékeltethetjük, ha egy spatula-hegynyi (10-12 mg) feloldunk 100 cm³ metanolban és az oldatot pénzvizsgáló lámpával megvilágítjuk felülről egy elsötétített teremben. Kontrollkísérletben megnézhetjük a metanolt önmagában, az nem fog fluoreszkálni.

Megjegyzések: a metanol mérgező, az acetecetészter (8) nagy koncentrációban fejfájást, émelygést okozó folyadék, a rezorcinnál (7) pedig irritálja a bőrt. Kénsav hígításakor ne feledjük, hogy a vízbe öntjük a tömény kénsavat! A 4-metil-7-hidroxi-kumarinnál (4) előállítását csak a tanárok végezzék. Szerves kémiai praktikumokban [10] található más anyagokra, pl. porfirin származékok (vöröses fénnel fluoreszkálnak) előállítására vonatkozó leírást is. Megvizsgálhatjuk pl. papírpénz vagy fénymásoló papír fluoreszcenciáját is.

Összefoglalva: A fluoreszcencia bemutatása igen látványos szakköri vagy tanórai kísérlet lehet, és eszközigénye is minimális. Rajta keresztül jó bevezetést adhatunk az anyagszerkezeti ismeretekbe (elektronállapot jellemzői, elektronállapot betöltődési szabályai) is.



4. ábra

A 4-metil-7-hidroxi-kumarin szintézise

Köszönetnyilvánítás: A szerző köszönetet mond az Oktatási Minisztériumnak, hogy Eötvös-ösztöndíj keretében a Marylandi Egyetemen fotokémiai és fluoreszcencia spektroszkópiai vizsgálatokkal foglalkozhatott.

Irodalom

- [1] Rózsahegy, M. –Wajand, J.: 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Bp. 1991. 515. o.
- [2] Herschel, Sir J. F. W.: Phil. Trans. R. Soc. London. 135, 1845, 143. o.
- [3] Ball, P.: Chemistry in Britain. 37. 2001. 26. o.
- [4] Lakowicz, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy, 2nd ed. Kluwer Academic

Publisher, New York. 1999. 63. o.

- [5] Christie, R. M.: Colour Chemistry. Royal Society, London, 2001.
- [6] Haugland, R. P.: Handbook of Fluorescent Probes and Research Chemicals, 6th ed. Molecular Probes, INC, Eugene, USA, 1996.
- [7] Ádám V. (szerk.): Orvosi biokémia. Medicina, Bp. 2001.
- [8] Turro, N. J.: Modern Molecular Photochemistry, University Science Books, 1991.
- [9] Sethna, S., Phadke, R. Organic Reactions, Vol. VII. Wiley, New York, 1953. 1.o.
- [10] Orosz, Gy. (szerk): Szerves Kémiai Praktikum, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1998.

Marsi Enikő

Az arzén

I. Élettani hatásai

A kémia és a biológia szorosan összefonódó tudományágak, hiszen minden biológiai rendszer kémiai elemekből és vegyületekből épül fel. Ebben a cikkben az arzén élettani hatásait ismertetem részletesen. Ezt az ismeretanyagot mind a kémia, mind pedig a biológia tantárgy tanításában fel tudják használni a kollégák a középiskolai oktatásban.

Arzénmérgezés

Az arzén általános alkotója a földkéregnek, és általános szennyezője a fémérceknek az ipari technológiában. Az arzénvegyületeknek nagy jelentősége van az iparban, a mezőgazdaságban és az elektronikában.

Az arzén ciklus az egyik legáltalánosabb körfolyamat az ökoszisztémában. Ebben a folyamatban számos mellékút van, amelyen az emberi szervezetbe kerülhet az arzén. A legjellemzőbb mérgezési

si út az élelmiszer, a levegő és a víz. Az emberek általában a kútvizet fogyasztásával szennyeződnek arzénal, amely az arzéndús talajrétegek útján, ipari vagy mezőgazdasági tevékenységeken keresztül jut a talajvízbe. Ám az arzénszennyezett por, füst, köd is lehet a szennyezés forrása. Az élelmiszerbe az arzén több úton juthat: szennyezett talaj vagy arzéndús öntözővíz útján.

A napi arzénbevitel általában kevesebb, mint 200 µg, amelyből a szerves arzénvegyületek kb. 60 µg-ot tesznek ki.

Az arzénmérgezés kétféle lehet: akut és krónikus.

Egyszeri nagy adag mérge hatására keletkező akut (heveny) mérgezés kifejlődése néhány perctől pár óráig, legfeljebb 1-2 napig tart. Akut esetben jellemző tünetek: hasmenés (nagy mennyiségű, sötétszürke, grízes bélsár), hányás, fém íz, száraz száj, nehézkes nyelés, gyomortáji fájdalom. A hajszálerek sérülése értágulatot okoz, ami a sokkig fokozódhat. Intenzív szomjúságot és az izmok görcsös összehúzódását is ta-

pasztalták. A bőr hideggé és nyirkossá válik. Sérülnek a vesék, ezáltal a kiválasztás mértéke csökken. Az idegrendszer sérülése miatt fejfájás, paranoiás tünetek, hallucináció és delírium is felléphet. Az akut mérgezést követően 3-6 héten keresztül a körmökön keresztirányú fehér csíkok jelentkeznek. A nagyon arzénos kútvíz fogyasztásának egyenes következménye a „feketeláb betegség”, majd a végtagok üszkösödése. A magas vérnyomás, a cukorbetegség (diabetes mellitus), az ischemiás szívélgtelenség is az arzénmérgezés következményeként könyvelhető el. Végül a rohamokat kóma és a nagyfokú folyadékvesztés miatti halál beállta követi.

Krónikus (hosszú időn át folyamatosan a szervezetbe kerülő kis mennyiségű, azaz egyszeri adagban még ártalmatlan arzén) esetben a kezdeti kitarító bőrpír átalakul (arzén-melanózis) sötét-szürke pigmentációvá, hiperkeratózissá. A tenyéren és talpon a bőr nagyfokú hámlása figyelhető meg. A máj és vese funkciózavar, valamint mozgási zavarok lépnek fel. Törekeny körmök, foltos arcbőr, arcödéma szintén az arzénmérgezést követő elváltozásokhoz tartozik. Krónikus esetben a halál oka szívbénulás.

A megbetegedések valószínűsége korrelációkat mutat a bekerült dózis nagyságával. Nagy különbségek mutatkoznak az arzénmérgezeteknél a megjelenő tünetekben. Ez a különböző szöveti érzékenységgel és mérgezési területen uralkodó környezeti, gazdasági tényezők különbségével magyarázható.

Biomarkerek

A vér csak akkor használható jó jelzőként, ha a mérgezés folyamatos. A normál arzén-szint a vérben 1-40 µg/l között változik.

Annak okán, hogy az arzén gyorsan eltávozik a véráramból és a kiválasztása a veséken keresztül történik metilált formában, az arzénkimutatás analitikai eszköze a 24 órán át gyűjtött vizeletminta. A 24 órás vizeletminta totális arzéntartalma legfeljebb 50 µg lehet normális esetben.

A haj és körömminták analízise akkor célravezető, ha ismeretes, hogy az arzénszennyezés hónapokkal korábban történt és már megszűnt. Egészséges körülmények között az arzénkoncentráció a hajban kevesebb, mint 1 mg/g.

Célszervek

Kültakaróra kifejtett hatás

Bőrrendszeri elváltozás akkor jelentkezik, ha az ivóvízzel 0,01-0,1 mg/kg/nap arzénbevitel valósul meg. A hiperkeratózis és hiperpigmentáció mellett az arcon, a nyakon és a háton hipopigmentáció jelentkezhet.

A bőr a legfőbb akkumuláló szervrendszere az arzénnek. Krónikus kitettség esetén a bőrön megjelenő különböző jelek utalnak a mérgezésre. Jellemző a talpon és tenyéren megjelenő keratózis, papillomatosis, viszkető csalánkiütés. A hiperpigmentáció lehet egyenletes és márványos. Hajhullás is tapasztalt, amely lehet egyenletes és foltokban megjelenő. A hajvesztés nem reverzibilis. A körmök növekedése mind a kezeken, mind a lábakon gátolt. Fehér, keresztirányú csíkok jelzik a szervezetbe jutott arzént. Az arc liláspiros elszíneződést mutat, amely a sérült kapillárisok következménye.

Hiperpigmentációt leíró hasonlat a következő: „esőcseppek a poros úton”. A bőrön összefolyó vagy pontozott barna elszíneződések látszanak, savós hólyagok képződnek, néha szemölcszerű képződmények figyelhetők meg. Hiperpigmentációt gyakran kíséri depigmentáció, ami szintén patológiai tünete az arzénmérgezésnek. A test bármely részén előfordulhat.

A hiperkeratózis olyan bőrelváltozás, amely gyakran a tenyereken és a talpakon jelentkezik, de a tünetek más területeken is mutatkozhatnak. Megjelenési formája: kicsi, kukorica-szerű kiemelkedések, melyek átmérője 0,4-1,0 cm. Az arsenicizmus chronica olyan bőrelváltozás, amely krónikus esetben alakul ki. A kezdeti elváltozásokból később nemritkán

tüskés laphámrák (carcinoma spinocelulare) alakul ki.

A Bowen-betegség azonosítható az arzén és az emberi szemölcsvírus (HPV) jelenlétével. A HPV rákot okoz az epithel szövetekben. Az arzén azáltal okoz rákot, hogy aktiválja az onkogenetikus vírusokat, mint pl. a HPV-t.

1888-ban merült fel először, hogy a szervetlen arzénvegyületekkel való gyógykezelés előmozdítja a bőrrák kialakulását. Az arzén okozta bőrrák a test bármely részén jelentkezhet. Ebben eltér azoktól a rákkeltő anyagoktól – UV sugárzás, poliaromás szénhidrogének –, amelyek hatása a test azon részére korlátozódik, ahol a közvetlen érintkezés történik. A betegek körében, akiket Flower-oldattal kezeltek (1%-os kálium-arsenit-oldat) és 200-800 ml oldat jutott a szervezetükbe, a bőrrák gyakorisága 5-10%-kal növekedett.

Az alultápláltság, amely a szárított édes burgonya túlnyomó fogyasztásából adódik, kifejezetten összehozható az arzén által kiváltott bőrrákkal. A fehérjeszegény táplálkozás elősegíti bizonyos rákformák gyakoribb megjelenését, hiszen az arzén metabolizmusában fontos a szulfhidril-csoportokat tartalmazó aminosavak szerepe. Ha ebben szegény az étrend, a tünetek jóval hamarabb jelentkeznek.

A vérsérumban a β -karotin alacsony szintje szintén hozzájárul a megbetegedéshez. A hepatitis-B által okozott májelégtelenség kockázata és az arzén okozta bőrrák gyakorisága szintén összefüggésbe hozható.

Az arzén okozta bőrrákfajták sebészetileg eltávolíthatók, ám kezelés nélkül halálos kimenetelűek.

Emésztő-szervrendszeri hatás

Az arzénmérgezés bekövetkezhet szájon át történő bejutással véletlenszerűen, öngyilkossági vagy mérgezési szándékkal, melynek közvetlen hatása van a bélrendszerre. A szöveti irritáció és a sérülések a közvetlen érintkezés de-

tektálható hatásai. A nyálkahártya kapillárisai nagyarányban károsodnak. Az emésztő-szervrendszeri hatás elsősorban az epitheliális sejtek rongálásában nyilvánul meg. Hányinger, hányás, alhasi fájdalom és hasmenés a kísérő tünetek. A tünetek általában nem jelentkeznek, ha a szervezetbe került arzén mennyisége 0,01 mg/kg/nap alatt marad.

A kismértékű krónikus mérgezést nyelőcsőgyulladás (esophagitis), gyomorgyulladás (gastritis) vagy bélgyulladás (colitis) követ, melynek eredménye a súlycsökkenés.

Az arzén volt az első olyan kémiai anyag, amelyről kiderült, hogy fogyasztása májkárosodást okoz. Ismételt arzénszennyezés esetén a máj akkumulálja a mérget. Jellemző tünetek: elzsírosodás, megnagyobbodott puha máj, sárgaság. Vérvizsgálattal kimutatható a máj enzimeinek megemelkedett szintje. A májkapu zónájában különböző fokú fibrózis és tágulás mutatkozott. (A májkapuér magas vérnyomása és vérzése is a tünetek közé tartozik.) A sérülés a máj vérrendszerének egészére kiterjedhet.

A májban futó epevezetékek szarkómája és a májsejtek rákos elváltozása előfordul a hosszú távú arzénszennyezés esetében.

A szerves As-vegyületek mérsékelt károsodást okoznak.

Vesére gyakorolt hatás

A vesékben is felhalmozódik az arzén ismétlődő mérgezés esetében. A kiválasztás legfőbb útja a veséken át történik. Itt valósul meg az öt vegyértékű arzén átalakítása a sokkal mérgezőbb három vegyértékű formává. A vesekárosodás magába foglalja a kapillárisok, tubulusok és glomerulusok sérülését is. A vese keringése összeomlik, amely veseelégtelenséghez vezet. Az érgomoly artériái kitágulnak, ennek következménye a vérvezelés (hematuria). A tubulusok sérülése fehérjevizelést (protenuria) eredményez. A vese elégtelen működésének következménye a sokk és a dehidratáció. A ve-

se másodlagos károsodása a nefronok eldugulása miatt következik be. A nefroncsatornák nem tudják átbocsátani a hemolízis sejttermelékeit.

Légzőszervrendszeri hatás

Az arzéntartalmú por és füst beszívása bányákban, ércfeldolgozó malmokban továbbá mezőgazdasági felhasználás során következhet be. Ennek következménye gyakran garatgyulladás (pharyngitis), gégegyulladás (laringitis), légcső- és hörgőgyulladás (tracheobronchitis).

Orrdugulás, kaparó torok és krónikus köhögés megfigyelhető. Halált okozó mérgezés esetén a belélegzett As_2O_3 széleskörű bevérvést okoz a nyálkahártya hámolásával kísérve. Végső tünet a tüdőödéma.

Elsősorban foglalkozásokhoz kötött a terhelés. Az ércolvasztók és ércfinomítók munkásai, a mezőgazdasági dolgozók körében a belélegzett szerves arzén megnöveli a tüdőrák kockázatát. A kiváltott hatást azonban a dohányzás és más kémiai anyagok jelenléte jelentősen megváltoztathatja. Kutatások kimutatták, hogy az arzén a rákképződés utolsó szakaszában fejt ki a hatását. A kezdeti szakaszra gyakorolt hatás még nem tisztázott. Szignifikáns összefüggés van az arzén mennyisége, a kitettség időtartama és a tüdőrák gyakorisága között.

Az orrsővény perforációja egyértelműen kimutatott a fent említett foglalkozásokat űzők körében. Jelenleg nem igazoltak a szerves arzénvegyületek légzőszervrendszeri károsító hatásai.

Vérrendszeri hatás

A vérképzési rendszer gátlása egyenes következménye az arzénmérgezésnek. A vérszegénység, mely során a sejt méret szabályos marad, a fehérvérsejthiány, a trombocitahiány a teljes vérsejtszám-csökkenés, az őssejtek elégtelen működése, a vörös csontvelő rendellenes működése és az ebből adódó fehérvérűség szin-

tén az arzénmérgezés velejárója. A limfotikus és haematopoetikus szövetek elburjánzása kimutatott arzén jelenlétében. A betegeknél fehérvérűség is kialakulhat.

Érrendszeri hatás

A krónikus As_2O_3 belégzés megnöveli a szív-koszorúér elégtelen működéséből adódó elhalálási arányt, ugyanis az érrendszer és a szív is sérül. Miokardiális infarktus és az artéria vékonyodása jellemző következmény. Az okozott szívritmia hosszú távon szívelégtelenséghez vezet. A periférikus érrendszeri elégtelenséget Doppler-ultrahang segítségével tudják detektálni.

A „black foot” betegség abból adódik, hogy a végtagok keringése összeomlik, amely végső soron üszkösödéshez vezet. Kimutatták azonban, hogy a betegség legfőbb oka a huminsav, az arzén csak hozzájárul a betegség kialakulásához.

A szifiliz arzén kezelésének következménye volt az interstitialis myocarditis, amelyet 1934-ben fedeztek fel. A tünetek a mérgezést követő 6-20. napon mutatkoznak.

Általános érrendszeri hatás az értágulat és a megnövekedett kapilláris permeabilitás, mely következményei a hypovolemia, a hypoproteinemia és a sokk. A közepes és kisméretű artériák belső falán elvékonyodás, szubendotériális kiudorodás és vakuolizáció figyelhető meg.

Idegrendszeri hatás

Az arzén az idegrendszer központi és perifériás részét egyaránt károsítja. A szenzomotoros rendszer sokneuronos sorvadása regisztrált. Az akut mérgezést követő 1-5 héten belül mutatkoznak a tünetek és az elváltozások: axondegeneráció, mielinszakadás. A gerincvelő elülső szarvának sejtjei sérülnek és számuk jelentősen lecsökken. Elsőként az érzékelő funkció zavara jelentkezik, melyet gyengeség, sőt parális követhet. A bénulás az alsó végtagokon

kezdődik. Egyes esetekben a látóideg sorvadás is bekövetkezett. Az arzén a központi idegrendszer is károsítja, melynek eredménye a tartós fejfájás, memóriazavarok, nyugtalanság, ingerlékenység és fokozott vizeleti inger. Másodlagosan depresszió, szorongás, pánikbetegség jelentkezik. A felismerő és azonosító képesség romlik. Akut mérgezés (1 mg/kg/nap) gyakran okoz encephalopátiát, melynek tünetei a fejfájás, letargia, zavartság, érzékszálódás, rohamok és kóma.

Immunrendszeri hatás

Nem teljesen kimutatott. Nem tudtak abnormalitást kimutatni a szérum immunoglobulin szintjében az arzénal szennyezett szén-erőművek munkásai között. A GaAs (200 mg/kg) terhelés az IgM antitest-felismerő sejtek munkáját gátolta. Nagyobb mennyiség csökkentette a csecsemőmirigy (tymus) tömegét és ronsolta a lépet. A GaAs hatására a T-sejtek burjánzása indult be, amit a károsodott Thelperek eredményeznek.

Mutagén hatás

A DNS károsodása genetikai mutációkat okozhat, amelyek lehetnek a kromoszómák szerkezeti és számbeli változásai. A genetikai sérülés különböző rákos elváltozások formájában a mérgezett személynél is érezeti hatását. Elnyúló problémát jelent a soron következő generációban érzékelhető károsodás. Az arzén a genetikai károsító hatását a DNS javító funkció gátlásával fejt ki. Ez a gátlás a mutagén és karcinogén hatás előfutára.

Rákkeltő hatás

100 évvel ezelőtt megfigyelték, hogy az arzéntartalmú gyógyszerekkel kezelt betegeknél megnövekszik a bőrrák gyakorisága. Egy évszázaddal ezelőtt bányászok és ipari dolgozók körében, akik arzénvegyületekkel érintkeztek, a bőr- és tüdőrák előfordulása megsokszorozódott. Az ivóvízben megnövekedett arzénszint hatásá-

ra a bőrben akkumuláció történik, amelynek következménye a bőrrák és a bőrsejtek kromoszóma aberrációja. A férfiak hajlamosabbak az arzén indukálta leukémiára. Svédországban végzett vizsgálatok (1991) kimutatták, hogy az arzén okozta rák kockázata nagyobb a dohányzók körében. A szerves arzénvegyületek rákkeltő hatása nem igazolt. Ennek az lehet a magyarázata, hogy rövid ideig tartózkodnak a szervezetben, nem képesek a sejteket felépítő anyagokkal reakcióba lépni és nincs biotranszformáció a szervezetben. Számítógépes modellezés igazolta, hogy az arzén úgy fejt ki rákkeltő hatását, hogy a rosszindulatú sejtburjánzás utolsó szakaszát erősíti fel, nem pedig elindítója a rákképződési folyamatnak.

Genetikai hatás

Ohómunkások körében a periférikus limfocitákban a kromoszómaaberráció kimutatható. A testvér-kromatidák kóros elváltozását azok között mutatták ki, akiket Flower-oldattal gyógyítottak (az átlagos adag kb. 0,3 mg/kg/nap volt). Sejttenyészetekben (emberi és állati) az arzenit- és arzenátvegyületek kromoszóma-elváltozásokat okoztak. Az arzén a foszfor helyére épül be a DNS szerkezetébe.

Nincsenek bizonyítékok arra, hogy az arzén pontmutációkat okozna sejt szinten. Bebizonyosodott, hogy az arzén gátolja a DNS-reparációt. A szuperoxid-diszmutáznak (SOD) és kataláz enzimnek védő hatása van az arzénal szemben. Képesek csökkenteni a DNS sérülését emberi sejttenyészetekben.

Fejlődési rendellenességek

A veleszületett szívelégtelenség az aorta fejletlenségével hozható összefüggésbe. A spontán abortuszok gyakorisága nő, az újszülöttek súlya az átlag alatti. Csontsorvadást és nyitott koponyacsontokat regisztráltak. Laboratóriumi körülmények között állatkísérleteken bizonyított, hogy a nátrium-arzenát és a nátrium-arzenit embriótoxikus vegyület.

II. Érdekes adatok az arzén középiskolai tanításához

Az általános tantervű középiskolai tananyag felosztása szerint a tanulók a 11. osztályban találkoznak a szerves kémiai. A tanároknak egyszerre van könnyű és nehéz dolguk. Könnyű, mert rengeteg lehetőség adódik a kísérletezésre, és nehéz, mert a tananyag jellegéből adódóan sok adatot (szint, szagot, halmazállapotot, reakcióegyenleteket) kell a diákoknak megtanulniuk. A tanulástechnika alapjaiban eltér a szerves kémiában alkalmazottól, ahol a tényadatokat egy logikai láncra fel lehet fűzni. A szerves kémiában kellő motiváció hiányában a diákok hamar elveszítik érdeklődésüket a tantárgy iránt. Ezzel a cikkel az elméleti oktatáshoz nyújtok segítséget érdekes információk összegyűjtésével. A feldolgozott elem az arzén. A részletes kémiai ismereteket különleges adatokkal és történetekkel egészítettem ki, melyek segítséget nyújthatnak a figyelem felébresztésében és ébren tartásában.

Kémiai alapismeretek az arzénről

Hegyjele: As. Arsenicum metallicum. Ezt a kifejezést először Geter használta. A IUPAC az arzént a periódusos táblázat V.B csoportjába sorolta. Allotróp módosulatai közül a szürkearzén stabilabb, a nemfémes sárgaarszén kevésbé stabil. A földkéregben mért átlagos arzénszint 1,8 µg/g, ezért jelentős hatása van a globális ökoszisztémára és a lokális környezetre is. Az arzént korábban a 28 esszenciális elem közé sorolták a kémikusok. A tudomány jelenlegi állása szerint azonban az arzén minden mennyiségben rákkeltő (karcinogén) hatású.

Természetes körülmények között az arzén ritkán található elemi állapotban. Vegyületeiben két kötéstípus dominál: kovalens és ionos. Az oxidációs állapot emelkedésével a kötés jellege egyre inkább a kovalens felé hajlik.

Az arzén története

Az arzént közel 4000 éve ismerjük. A történelem során számos misztikus történet kötődött hozzá. Addig, amíg a kémiatudomány nem jutott el arra a szintre, hogy a vegyületekhez hozzárendelje a kémiai tulajdonságaikat, gyakran az érzékelhető sajátosságokkal – szín, szag, egyéb fizikai jellemzők – írták le azokat. Nevét a sárga színű szulfidjáról kapta, amit az arabok „Arzenik”-ként emlegettek. Az arzén orosz neve a „müsják” patkányméreg szóból származik, ugyanis a fehér lisztserű oxidját használták a rágcslók irtására. Az orosz vegyészek átvették a népies elnevezést. Arisztotelész az arzénszulfidot „sandarach”-nak, Theophrasztosz „arrenikon”-nak, Dioszkuridész pedig „arsenicum”-nak nevezte.

Vegyjel	As
Rendszám	33
Vegyértékhéj szerkezet	4s ² 4p ³
Atomtömeg	74,9216
Sűrűség (g/cm ³)	5,73
Olvadáspont (°C) 28 atm. nyomáson	817
Ionizációs energia (kJ/mol)	
Első	947
Második	1798
Harmadik	2736
Elektronaffinitás (kJ/mol)	-77
Elektronegativitás (Pauling-féle skála)	2,0
Oxidációs állapot	+V, +III, 0, -III
Stabil izotópok száma	1
Atomsugár (Å)	1,39
Kovalens sugár (Å)	1,21
Ionsugár (Å) As ³⁺ esetén	0,58
Kristályforma	Hatszöges rombos
Oldódás vízben	Oldhatatlan
Oldódás egyéb oldószerben	HNO ₃ -ban oldható

1. táblázat

Összefoglaló táblázat az arzén fizikai és kémiai tulajdonságairól

te. Az arzén szulfidjait egyfajta kénnek tekintették, és arra használták, hogy az ezüstöt arany színűre fessék. Még a középkorban is úgy vélték, hogy az arzén sárga szulfidja aranyat tartalmaz, annak okán nevezték auripigmentumnak. Az arzénvegyületeket már az ókori Kínában is ismerték. A fémarzént először Zozimosz említi a III. vagy a IV. században. Akkor a második higanyként jellemezték. Agricola, a modern kohászat atyja a XVI. század elején írt egy értekezést a realgárról és az auripigmentről. Az arzén fontos szerepet játszott az alkímiai gyakorlatban is, mert a rezet fehérre tudja változtatni. Ez hozzájárult ahhoz a tévhithez, hogy az arzén képes a rezet ezüstté formálni. 1651-ben Basil Valentine „nem valódi fém”-ként említi, és analógiát állít az antimonnal. Az AsH_3 -t (arzint) 1775-ben a híres svéd kémikus, Scheele fedezte fel, ekkor még nagyon keveset tudtak a halálos mérgező voltáról. 1815-ben Gehlen – müncheni kémiaprofesszor – egy percig tisztá AsH_3 gázt lélegzett be, ami a halálát okozta. A Charaka–Samhita orvosi szövegei ajánlják az arzént külső és belső szerként egyaránt. A vegyületek általános használatára is következtethetünk a szövegből. Az i.e. 600 körül a híres hindu orvos, Susruta az arzénsókat gyógyszerként említi. Paracelsus a XVI. században a következőképpen fogalmazta meg az anyagok mérgező tulajdonságát: „Minden dolog mérge, és semmi sincs mérge nélkül. Egyedül a dózis szabja meg, hogy mérge-e vagy sem”. Svájcban és Tirolban elterjedt az „arzén-evés”. Ezek az emberek a fokozatos hozzászokás révén a letális dózis többszörösét fogyasztják el és mégsem jelentkeznek mérgezési tünetek. Rezisztencia alakul ki. Ez azonban nem valódi, azaz nem sejtszintű. A magyarázat az, hogy a bélfal fokozatosan elveszíti az arzénáteresztő képességét, így nem szívódik fel, és a bélsárral kiürül a szervezetből az arzén. Az arzén-oxid (As_2O_3) Lucretia Borgia leggyakrabban alkalmazott mérge volt. „Örökösödési por”-nak is nevezték. Az általam vizsgált elem Napóleon kapcsán is beírta magát a történelemkönyvekbe. Az 52 éves korában elhunyt császár halála

után felröppent a hír, hogy arzénmérgezésben halt meg. A Napóleon bizalmát élvező de Montholon gróf X. Károly zsarolására kevert mérget Napóleon borába. 1961-ben Forshufvud és munkacsoportja analizálta a császár hajmintáját, és benne $10,38 \mu\text{g/g}$ arzént mutattak ki, ami igazolta a feltételezést.

Az arzén természetes előfordulása

A legfelső szilárd földkéreg $5,5 \times 10^{-4}\%$ -a az arzén. Átlagos koncentrációja 1-5 ppm, de egyes palákban 15 ppm is lehet. Antropogén szennyezés következtében vegyi üzemek és széntüzelésű erőművek környezetében ez az átlagérték megsokszorozódhat. Az elemek gyakorisági listáján a 47. helyen áll. Mivel az arzén ionrádiusza közel áll a szilícium és az alumínium ionrádiusához, így ezeket a szilikátok rácsában helyettesítheti. Agyagásványok, vasoxidok, vas-oxihidrátok felületén adszorpcióval koncentrálnak. A gyakori természetes előfordulás annak is betudható, hogy az ásványmolekulákban az arzén fémként és nemfémként is szerepelhet. Ismeretesek természetesen előfordulások is. Az arzén egyes fémekkel ötvöztetett ásványokat is alkothat. A legtöbb arzén-előfordulás a szulfidok osztályába sorolható. Gyakori a megjelenése a kettős szulfidok között, az ide tartozó ásványok magmás eredetűek. A természetes arzén-előfordulások közül az arsenopirit a leggyakoribb. Mikromineralógiai vizsgálatok szükségesek annak igazolására, hogy ezen ásvány hozható-e kapcsolatba a vizek arzéntartalmával. Előállítását először Albertus Magnus írta le 1250 körül. 1641-ben Shróder foglalta össze az előállítás módszereit. Az ősi Perzsiában használt arzén és rézötvözetek nagy része Iránból a Talmessi-Meskani bányából származik. A középkorban Európába az auripigmentet Ázsiából szállították. Az első arzén-előállítás Sziléziába tehető. Az első világháború előtt az arzéntermelés fokozatosan növekedett évi 10 ezer tonnára. 1920-ra ez a mennyiség 25 ezer, 1931-re 45 ezer tonnára nőtt. 1960-ban feltűnő növekedés figyelhető

meg – 62 ezer tonna (32%-kal több mint 1959-ben.) A növekedés az egyéb fémek, ezek között a réz iránti kereslet fokozódásával magyarázható. Manapság az arzén előállítása a réz-, az ólom-, a kobalt- és az aranyércek feldolgozásának melléktermékeként valósul meg. A kereskedelmi minőségű arzén 99%-os tisztaságú, előállítása 1990-ben kizárólag Kínában történt. A magas tisztaságú arzént a félvezető ipar használja. Manapság a legnagyobb előállító vállalatok Németországban, Kanadában és Japánban vannak. Az arzéntermelés végterméke 97%-ban As_2O_3 formájában jelenik meg.

Alkalmazás

AXVI. század elején Paracelsus kijelölte az arzént, mint a modern gyógyszerian részét, és arsenicum fixumnak nevezte. Az arzént speciális terápiának tartották az anorexia és egyéb táplálkozási zavarok ellen, továbbá neurotikus panaszok, reuma, asztma, tuberkulózis, cukorbetegség, váltóláz, bőrproblémák és vérképzési elégtelenségek kezelésére is alkalmazták. A tény, hogy az arzén fokozza a hemoglobintermelést és befolyásolja a cink és a mangán metabolismusát, megmagyarázza, hogy miért használták hosszú időn át a vérszegénység kiegészítő kezeléseként. Gyógyszerként az asszimiláció túlsúlyát idézi elő, és roboráló hatást fejt ki. Gátolja a hipofízisben a TSH termelődést, ezáltal csökkenti a katabolizmust. Elősegíti a vérképzést, növeli a retikulocita számot. Elősegíti a zsírlerakódást. A szénhidrát-anyagcserét lassítja, gátolja a szénhidrátok fermentációját és oxidációját. Az antik világban az arzénvegyületek fő felhasználási területe a gyógyszerészet és az orvostudomány volt.

A indiai gyógyászatban alaposan megtisztított auripigmentet (Haritalam) használtak a mérgezések, hajhullás és a szellemektől való félelem gyógyítására. Megszüntette a menstruációs panaszokat, nyugtatóként funkcionált, stimuláló szernek bizonyult. Növelte az étvágyat,

és hatásos volt a lepra kúrálásában is. Kitisztította a vért, az asztma és a bronchitis ellenszere volt, hashajtó és testhőemelő hatása is ismertté vált. Ez azonban ma már a biokémiai háttér ismeretében cáfolt.

Az 1900-as évek elején az orvosok a kevésbé toxikus szerves arzénvegyületeket kezdték alkalmazni a pellagra (durva bőr), a malária és az álomkór terápiájában. 1909-ben Ehrlich találmányával az arsphenamin széles körben terjedt el. A Salvarsan, melyet gyakran hívtak 606-nak, közel 40 évig, a penicillin felfedezéséig kizárólagos gyógyszere volt a szifilisznek.

A szerves arzénvegyületeket mérgező gázként is használták: hatásukra a bőrön hólyagos elváltozások képződnek.

Egy korabeli akkád szövegben az auripigmentet és realgárt szemfestékek és kozmetikai szerek összetevőjeként említik. Plinius leírta a mérgek és festékek elkészítésének módszerét. A középkorban a festészetben használták az arzénvegyületeket az arany imitálására. Tapasztalatok szerint azonban fal- és freskófestészetben nem voltak kedveltek, mivel levegővel érintkezve megfeketedtek. Pajzsok és lándzsák festésére kiválóan alkalmasak voltak.

Egyiptomban Tutanchamon sírjában egy lenzacskóban arzénásványokat helyeztek el. Egy thebai temetőben falfestékként alkalmazták. Egyiptomba Perzsiából, Arméniából vagy Ázsiából kerültek az arzénvegyületek. Az arzén bronzok előállítását Egyiptomban fémtükrök gyártására használták.

Az üvegyártásban az arzént először a folyási tulajdonságokat befolyásoló anyagként azonosították. A hatását a hűlési folyamatban a kristályosodás módosításában fejt ki.

Az arzént anatómusok is használták tartósítószerként és bőrpelaráció során.

Számos mérgezési esetről számoltak be az évek során az arzén festékek, mesterséges virágok, játékok, tapéták és csomagolópapírok használata kapcsán.

A környezetbe jutás

1. Természetes úton

A vizekben leggyakrabban előforduló természetes eredetű mikroelemek általában a mélységi vízáadó rétegekből oldódnak ki. Ismeretes azonban a felszín közeli kioldódás is. Az arzénos vizek főként a negyedidőszaki folyóvízi-ártéri-mocsári képződményekhez kötődnek.

A mikroorganizmusok az As(V)-vegyületeket az erősebben mérgező As(III)-vegyületekké redukálják. Ezt követően penészgombák és metántermelő baktériumok közreműködésével metileződési reakció játszódik le. A keletkező di- és trimetil arzin illékony, és az atmoszférába diffundál. Az itt képződő aeroszollokban a földkéregbeli koncentrációhoz képest 300-szorosára is dúsulhat az arzén. A kiülepedő arzenit- és arzenátvegyületek a talajt és a hidroszférát egyaránt szennyezhetik. Ezzel bezárul az arzén természetes körforgása. Ezt a kört egészíti ki az antropogén szennyezés.

2. Mesterséges úton

Hazánkban a rovarkártvókk ellen korábban szabadon forgalmazott növényvédő szer, a Dar-

sin[®] tartalmazott arzenátot. Használata által a talaj és a növényzet közvetlenül szennyeződött.

Az iparban az üvegyártás folyamata során használják a megfelelő arzenvegyületeket, mely által a légkör szennyeződik.

Mivel a természetben az arzén a rézércekkel együtt fordul elő (néhányik rézérc 1% arzént is tartalmazhat), az ércfeldolgozás során a talajt, a levegőt és közvetve a vizeket is szennyeződéssé éri.

A gyártási folyamat során az arzén a foszforműtrágyákban és a foszfát tartalmú mosószerbe is bekerülhet.

Fő antropogénforrásnak számítanak a foszszilis tüzelőanyagok. A kőszén elégetéséből mintegy 5000 t/év, a kőolaj elégetéséből kb. 10 t/év arzén jut a környezetbe.

A természetes és mesterséges úton környezetbe jutó arzén a táplálékláncban koncentrálődik.

Irodalom

- [1] Ács – Galbács – Péter Veres: Műszeres analitikai gyakorlatok; JATE jegyzet 1990
- [2] Barcza Lajos: A minőségi kémiai analízis alapjai; Medicina, Budapest, 1989
- [3] Csákvári Béla: Bevezetés a szervetlen kémiába; Tankönyvkiadó, Budapest, 1981
- [4] Takács Sándor: Környezet, ember, mikroelemek; Triorg Kft. Budapest, 1991
- [5] Végh – Szász – Takács: Gyógyszerészeti kémia; Medicina, Budapest, 1987
- [6] Balázs Lóránt: A kémia története; Gondolat, Budapest, 1974
- [7] Brucher Győző: Szerves kémia I. II.; Tankönyvkiadó, Budapest, 1974
- [8] Csákvári Béla: Bevezetés a szervetlen kémiába; Tankönyvkiadó, Budapest, 1981
- [9] Fehér László: Veszélyes hulladékok; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
- [10] Pataki László, Zapp Erika: Analitikai kémia; Tankönyvkiadó, Budapest, 1972
- [11] N. N. Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiája; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999

Terület	Alkalmazás
Mezőgazdaság	Peszticid, rovarölő szer, lombtalanító, fa konzerváló, talajfertőtlenítő
Állattenyésztés	Táplálékkiegészítő, betegségmegelőző (sertés vérhas)
Gyógyászat (néhány fejlődő országban)	Szifilisz, tripanosomia, amőbiasis ellen, alvási zavarok esetén
Elektronika	Napelemek, optoelektronikai eszközök, félvezetők, diódák (digitális órák)
Ipar	Üvegyártás, kerámiaipar, katalizátor, pirotechnika, festékek és színezékek
Fémkohászat	Ötvözetek, elemek gyártása

2. táblázat

Az arzén felhasználása napjainkban

Serényi János – Serényi Jánosné

Ne legyen sótlan!

Jgen, egy tanárnak legyen humorérzéke. A vidámság, az oldott hangulat nagyban hozzájárul egy óra, egy foglalkozás sikeréhez. Különösen fontos ez nekünk, akik a gyermeki fülnek ilyen idegenül hangzó tantárgyakat tanítunk, mint fizika, kémia. Most azonban egészen másról lesz szó.

A természettudományok esetében a gyakorlat a tanítás „sava-borsa”. Amennyiben sikerül olyan kísérleteket találnunk vagy kitalálnunk, amelyeket a környezetükben található anyagokkal veszélytelenül bemutathatnak, tanulóink valóságos show-műsort produkálnak.

Nem véletlen, hogy már három megközelítésben szerepel a „só”, de még mindig nem a kémiatanár szemszögéből nézve. Számunkra elsősorban gyűjtőfogalom, hiszen a sók összetett anyagok egész sorát jelentik. A köznapi használatban és a gyerekek tudatában viszont „**A SÓ**” összetéveszthetetlenül egyetlen, létfontosságú anyagot jelöl. Sőt sokaknak a megélhetést, munkahelyet is.

A kősó, konyhasó végig kísérte az emberiiség történelmét. A nátrium-klorid, ásványtani nevén halit, tudományos kutatások tárgyát képezte és képezi ma is. A vegyipar és szerveztünk kis üzemének egyik legfontosabb nyersanyagával naponta találkozunk. Talán eszünkbe sem jut követni az útját, amíg a tenger vizéből vagy a bányából asztalunkra kerül. Pedig megérné a fáradságot.

A só rendkívül hálás téma. Minden tantárgy-gal kapcsolatba hozható. **Hatása a környe-**

zetre egyszerű kísérletekkel kimutatható. Gyakorlati alkalmazása és irodalma (mese, népdal, találós kérdés, népi időjósítás stb.) igazi kis néprajzi gyűjtőmunkára ad lehetőséget. Érdekes vetélkedő, témanap is szervezhető belőle.

Ahhoz azonban, hogy a **környezet sóra gyakorolt hatását** is tanulmányozni tudjuk, olyan helyre kell vinni a tanulókat, ahol a természeti jelenségek és az emberi beavatkozás nyomai is követhetők. Vagyis ide, a **Sóvidékre**, ahol minden együtt van: bánya, sziklák, források, tavak, gyógyfürdők.

Hogy miért ez a nagy lelkesedés? Vendég gyerekekkel, felnőttekkel, sőt kémiatanárokkal is bejártuk az ajánlott terepet, és a rácsodálkozás, érdeklődést bizonyító kérdések után majdnem minden alkalommal elhangzott: „Milyen kár, hogy csak aránylag kevesen tudnak e helyről! De jó lenne, ha minél többen meglátogatnák”.

És mi az akadálya? Amennyiben a kollegák is így gondolják, hozzák el tanítványaikat egy élmenyszerző útra. Ígérjük, hogy senki nem marad sótlan!

Bányalátogatás Parajdon

Magyarországról jövőeknek két lehetőségük van:

– busszal: Budapestről, Szegedről, Kecskemétről és Debrecenből közvetlen járatok vannak, melyek Székelyudvarhelyre, Csíkszeredába és Gyergyószentmiklóásra járnak. Parajdon van megállójuk. Tehát idáig kell venni a jegyet.

Ezenkívül Marosvásárhelyről és a felsorolt városokból is van megyeközi buszjárat.

– vonattal: mindenholnan a legjobb Segesváron váltani Székelyudvarhelyre, és onnan busszal jönni tovább. Innen rövid időn belül van csatlakozás. Segesváron áthaladnak a nemzetközi vonatjáratok.

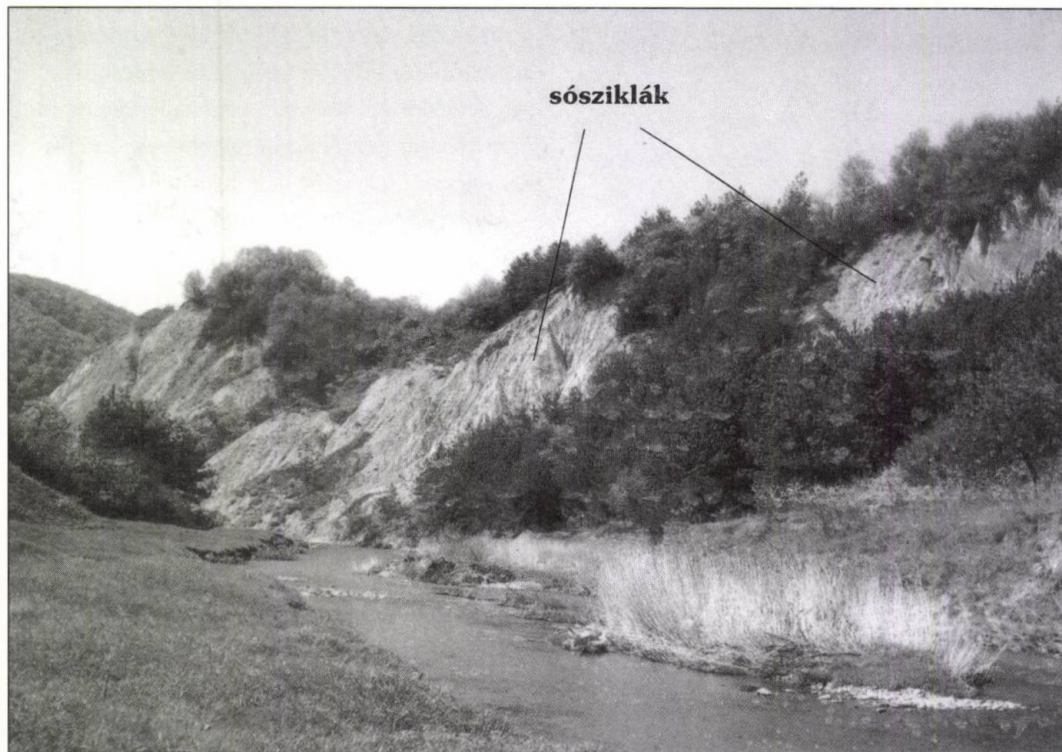
Ami a bányalátogatást illeti, a következő a helyzet: Nyári időszakban minden nap reggel 8 órától este 6 óráig fogadnak csoportos látogatókat, akiket a helyi vezetők irányítanak és magyarázzák el a bánya történetét. Egyéni látogatók ezekhez a csoportokhoz csatlakozhatnak. Télen csak délelőtt van látogatás, de kérésre délután is beengednek csoportokat, akik busszal vannak. Bővebb magyarázatért vagy kémia és geológiai bemutatásért inkább személyesen fel kell venni a kapcsolatot a geológussal vagy

velem. A látogatás tavaly 40000 lej (400Ft)/fő volt, belefoglalva az ottani kalauzólást is. Nem tudom, a nyárra változik-e majd.

Parajdon a szállást el lehet intézni a turisztikai irodán keresztül nagyobb csoportok és egyének számára is. Az elszállásolás szállodában vagy családi házaknál történik. Maximálisan ötfős csoport vagy család elszállásolását, hetes program készítését és idegenvezetését, ha előre megbeszéltük, én is vállalom. (E-mail: halit@kabelkon.ro) A szállás ára 800-1500 Ft/fő között változik.

Az étkezést a helyi vendéglőkben vagy szálláshelyi főzéssel is meg lehet oldani. Az üzletekben mindent meg lehet vásárolni, körülbelül magyarországi árakon.

Idegenvezetést a környékre és akár távolabbi tájakra is vállalnak kb. 2500-3000 Ft/nap.



A fotón sósziplák láthatók (Fotó: Serényi János)

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

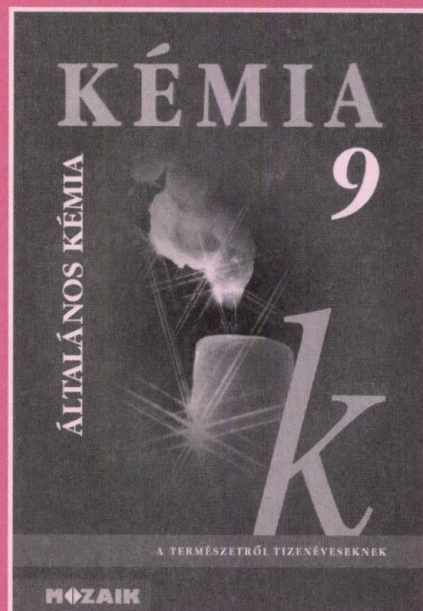
A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

Megjelentek a tankönyvcsalád
5. és 9. osztályos *kerettantervi* kötetei:
a Természetismeret 5., Földrajz 9., Fizika 9.,
Kémia 9. és a Biológia 9. tankönyvek.

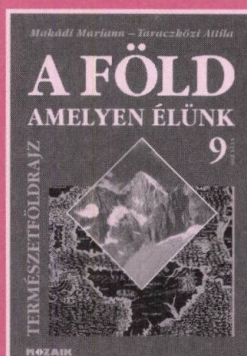
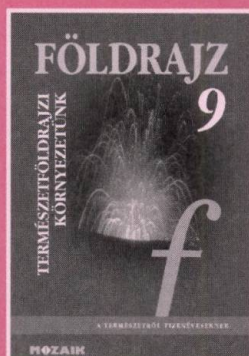
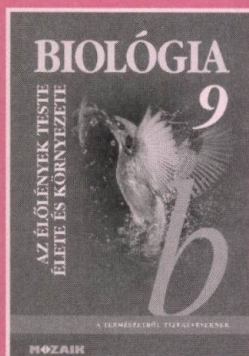
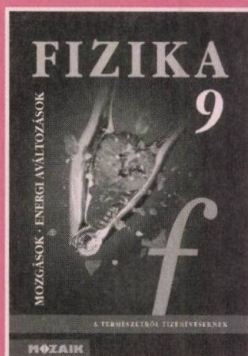
A 10. osztályos könyvek 2002 tavaszára,
a hatodikosok pedig a következő tanévre
készülnek el. A sorozat további tagjait
a kerettanterv bevezetésével
párhuzamosan dolgozzuk át.

A tankönyvekhez *munkafüzetek*
és *tudásszintmérő feladatlapok* kapcsolódnak.

A kerettantervhez igazodó 9. osztályos
könyvek 2001-ben elnyerték
a Húndidac Oktatási, oktatástechnikai és
Képzési Kiállítás *Arany Díját*.



KERETTANTERVHEZ IGAZODÓ 9. OSZTÁLYOS KÖTETEK



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK

Felkészítés kémiafelvételire

(Doba László)

Klórtartartalmú vegyületek,
freonok és környezetünk

(Dr. Hannus István)

Vegyipar és társadalom

(Dr. Varga Attila)

Mindennapi kémia II.

(Dr. Szalay Tibor)

X. ÉVFOLYAM 2002

3

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Oktatási Stúdió Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Oktatási Stúdió

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1100 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Szeged, Csongrádi sgt. 73.

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

**A fizikai és kémiai változás
tanításának problémái**

I. Tankönyvi definíciók és módszerek

Dr. Tóth Zoltán egyetemi docens,

Debreceni Egyetem Természettudományi Kar,
Kémia Szakmódszertani Részleg

Felkészítés kémia felvételire

Doba László főiskolai adjunktus,

Csokonai Vitéz Mihály Tanítóképző Főiskola

**Klórtartartalmú vegyületek, freonok és
környezetünk**

Dr. Hannus István

Szegedi Tudományegyetem, Alkalmazott
és Környezeti Kémiai Tanszék

Vegyipar és társadalom

Dr. Varga Attila főiskolai adjunktus,
EKF Kémia Tanszéke, Eger

Mindennapi kémia 2.

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Tóth Zoltán

A fizikai és kémiai változás tanításának problémái

I. Tankönyvi definíciók és módszerek

A kémia alapfogalmai közé sorolt fizikai és kémiai változás az első kémiaórák anyaga az iskolában. A tantervkészítők és tankönyvírók szerint is ezek a fogalmak valóban alapvetőek a kémia tanulása szempontjából, és elég könnyen taníthatók-tanulhatók, ha a fizikai és kémiai változás megfogalmazásával, a két folyamat közötti különbségtétellel kell (lehet) kezdeni a kémia tanítását és tanulását. Sajnos a tanítási tapasztalatok nem igazolják ezt az optimizmust. A tanulók nemhogy kémiai tanulmányaik kezdetén, de még felvételi vizsgára készülve sem mindig tudnak különbséget tenni fizikai és kémiai változás között.

A következőkben megpróbáljuk több oldalról körüljárni a problémát, és ha üdvöztető megoldást nem is tudunk adni, de legalább megértjük, mi is a baj ezekkel a fogalmakkal, miért is nem olyan egyszerű a tanításuk és miért olyan nehéz fogalmak ezek a kémiában kevésbé jártos tanulók számára. Először azt elemezzük, hogy miként jelennek meg ezek a fogalmak a ma használatos kémiatankönyvekben. A sorozat második részében a nemzetközi szakirodalomban fellelhető kutatási eredményeket, tapasztalatokat ismertetjük, majd a harmadik részben megpróbálunk felvázolni néhány olyan alternatívát, amelyek elősegíthetik a fizikai és kémiai változás fogalmának tanítását és tanulását.

A kémiai változás tankönyvi definíciói

A fizikai és kémiai változást – a kémia számos más fogalmához hasonlóan [1-2] – három

szinten lehet értelmezni és definiálni: az érzékelhető valóság szintjén (makroszint), a részecskék szintjén (szubmikro- vagy részecskeszint) és a kémia sajátos szimbólumrendszerével, a reakcióegyenletekkel (szimbólumszint) [3-4].

A kémiai változás makroszintű értelmezése

A fizikai és kémiai változás makroszintű értelmezése általában azzal kapcsolatos, hogy a kémiai változás során új tulajdonságú anyag képződik, illetve a kémiai változás az anyag kémiai tulajdonságait változtatja meg.

A definíciók egy része azt hangsúlyozza, hogy az anyag tulajdonságai különböző mértékben változnak meg a fizikai és a kémiai változások során:

„Azokat a változásokat, amelyek során az anyagok minősége nem változik, fizikai változásnak nevezzük.”

„Azokat a változásokat, amelyek során egy vagy több, minőségileg új anyag keletkezik, kémiai változásoknak nevezzük.” [5]

„A kémiai változások során minőségileg új anyagok keletkeznek.”

„Fizikai változás során az anyagok minősége nem változik, csak egyes fizikai tulajdonságaik, pl. halmazállapot, alak stb.” [6]

Ezek a definíciók túlságosan általánosak, és a „minőségileg új anyag” és az „összes tulajdonság megváltozása” nem elég kézzelfogható fogalmak ahhoz, hogy használni lehessen arra, hogy egy adott folyamatról eldöntsük, fizikai vagy kémiai változás-e.

A definíciók másik csoportja a fizikai és kémiai változást az anyag kétféle tulajdonságának, a fizikai és a kémiai tulajdonságnak a megváltozásához rendeli. Előzményként tehát be kell vezetnünk a fizikai és kémiai tulajdonság fogalmát.

„Kémiai tulajdonságok: az anyagoknak más anyagokkal való reakciói, pl. az égés, kémhatás.” [7]

(A fizikai tulajdonságok) „az anyagi halmazt jellemzik, mindennapi életünkben ezek alapján ismerjük fel az anyagokat” (pl. szín, szag, halmazállapot, hőmérséklet, érdesség, tömeg).

(A kémiai tulajdonságok) „közvetlenül, érzékszervvel nem figyelhetők meg, de meghatározzák az anyag átalakulásának folyamatát” (pl. éghetőség, oldhatóság).

(A fizikai változások során az anyagok fizikai tulajdonságai változnak meg, de az anyag nem alakul át másik anyaggá, pl. vízmelegítés, párolgás. A kémiai változások során mindig új anyagok keletkeznek, pl. a szén égése.) [8]

Számos esetben megfigyelhető, hogy a fizikai és kémiai tulajdonságot a szerzők a fizikai és kémiai változással, a fizikai és kémiai változást pedig az anyag fizikai és kémiai tulajdonságai-val magyarázzák:

„Az anyag kémiai átalakulásra való hajlamát kémiai tulajdonságnak nevezzük.”

„Minden olyan tulajdonságot, amik nem kötődnek az anyag kémiai átalakulásához, azaz mélyreható szerkezeti változáshoz, fizikai saját-ságnak nevezünk.” [9]

„Az anyag közvetlenül megfigyelhető, érzékelhető fizikai tulajdonságai, mint pl. a szín, halmazállapot, szag, íz ... és mérhető fizikai tulajdonságok: olvadáspont, forráspont, sűrűség.”

„Azokat a változásokat, amelyekben nem keletkezik más, új tulajdonságú anyag, fizikai változásoknak nevezzük. A fizikai változások során az anyagok fizikai tulajdonságai változnak meg.”

„Fizikai változáskor nem keletkezik egészen más, új tulajdonságú anyag, csupán a fizikai tulajdonságok változnak meg.”

„Amikor nem csupán néhány fizikai tulajdonság változik meg, hanem egészen más, új tulajdonságú anyag jön létre, akkor kémiai átalakulásról, kémiai változásról, kémiai reakcióról beszélünk.”

„Kémiai átalakuláskor a reakcióban résztvevő anyagokból más, új tulajdonságú anyag jön létre.” [10]

„Az érzékszervekkel (szín, szag, halmazállapot, fénytörés, keménység) és a mérőeszközökkel (olvadáspont, forráspont, elektromos ellenállás) megállapított tulajdonságok az anyagok fizikai tulajdonságai.”

„Azokat a tulajdonságokat, amelyeknek a vizsgálata új anyag keletkezésével jár együtt, kémiai tulajdonságoknak nevezzük.” (Pl. éghetőség, bont-hatóság, átalakíthatóság, erjeszthetőség.)

„Azokat a kölcsönhatásokat, amelyek során csak az anyagok fizikai tulajdonságai változnak meg, fizikai változásoknak nevezzük.”

„Azokat a változásokat, amelyek során új anyag keletkezik, kémiai változásoknak (kémiai reakcióknak) nevezzük.” [11]

„A tulajdonságok egy része érzékszervekkel észlelhető, más tulajdonságokat csak műszerrel mérünk, de a legtöbb tulajdonság egy másik anyaggal végbemenő kölcsönhatás alapján jele-níthető meg.”

„Ha a kölcsönhatás során új tulajdonságú anyag keletkezik, kémiai változásról beszélünk.”

„Az anyagok kémiai tulajdonsága a kémiai kölcsönhatásokban észlelhető.” [12]

„Az érzékelhető és mérhető tulajdonságokat fizikai tulajdonságoknak nevezzük. A fizikai tulajdonságok fizikai változások során változnak meg... A fizikai változásokban az anyag nem alakul át új anyaggá.”

„A kémiai tulajdonságok más anyagokkal való kölcsönhatásban, kémiai változásban nyilvánulnak meg... Kémiai változáskor a kiindulási anyagból (anyagokból) új, más tulajdonságú anyagot (anyagokat) kapunk.” [13]

Érdekes módon a ma használatos tankönyveinkben már nem található meg az a fajta de-

finíció, amely szerint a fizikai változások megfordítható, míg a kémia reakciók irreverzibilis folyamatok. Ugyancsak hiányoznak a fizikai és kémiai változások hierarchiáját hangsúlyozó meghatározások is.

A makroszintű és a részecskeszintű meghatározás keveredése

Megjelennek olyan definíciók is, amelyek már a tulajdonság és a szerkezet/összetétel kapcsolatát tekintik a megkülönböztetés alapjának.

„Azokat a változásokat, amelyek az adott anyag szerkezetének alapvető átalakulása nélkül mennek végbe, fizikai változásnak nevezzük.”

„A maradandó szerkezetváltozással, azaz új anyag keletkezésével járó átalakulásokat kémiai változásnak, kémiai reakciónak nevezzük.” [9]

„Ha egy anyagból a kölcsönhatásban új összetételű, szerkezetű és új tulajdonságokkal rendelkező anyag képződik, kémiai változásokról beszélünk.” [12]

„Az olyan változást, amelyben anyagok alakulnak át egymásba, kémiai folyamatnak vagy reakciónak mondjuk.”

„Amikor az összetétel megváltozik, a kiindulási anyagból egy másfajta anyag keletkezik, tehát anyagátalakulás van, vagyis reakció történik.”

„Fizikai változásokban az anyagnak csak az állapota változik meg, összetétele állandó marad.” [14]

„Fizikai változás során:

- az anyag szerkezetében nincs mélyreható változás (megváltozhat a részecskék távolsága, kölcsönhatása, de a részecskék belső szerkezete változatlan);
- nem változik meg az anyagi minőség (ugyanazok a kémiailag tiszta anyagok alkotják továbbra is a vizsgált halmazt);
- egyik-másik fizikai sajátosság megváltozik.”

„Kémiai változás során:

- mélyreható változás történik az anyag szerke-

zetében (a részecskék belső szerkezete is megváltozik);

- mindig megváltoznak a fizikai tulajdonságok;
- megváltozik az anyagi minőség (pl. egy kémiailag tiszta anyagból két másik keletkezik, vagy két kémiailag tiszta anyagból egy harmadik stb.)” [9]

„A fizikai változások során az anyagoknak csak egyes fizikai tulajdonságai változnak meg, pl. alak, halmazállapot, szín, hőmérséklet, térfogat stb. A fizikai változás során új anyag nem keletkezik.”

„A kémiai változás során mindig új tulajdonságú anyagok keletkeznek, tehát átalakulás történik. Minőségi változás. Molekulán belüli kötések felszakítása.” [15]

Anyagi változás	1. fizikai	2. kémiai
új anyag	nem keletkezik	keletkezik
az anyagi részecskék összetétele	nem változik	változik
változnak	a fizikai tulajdonságok	a fizikai és kémiai tulajdonságok [5]

„Az olyan változást, amelyben csak az anyag néhány tulajdonsága (pl. alakja, mérete, halmazállapota) változik meg, de részecskéinek összetétele nem változik, fizikai változásnak nevezzük.” (Ilyenkor) „új anyag nem keletkezik.”

„Azokat a változásokat, amelyekben az anyag összetétele megváltozik és új anyag keletkezik, kémiai változásoknak, kémiai reakciónak nevezzük.” [16]

„A fizikai változás során nem keletkezik új anyag, mert az anyag részecskéinek összetétele és szerkezete változatlanul marad. A fizikai változás csak az anyag szerkezetének megváltozását eredményezi.”

„Azt a változást, amelyben az anyagból másik anyag (vagy anyagok) keletkezik, kémiai változásnak nevezzük. A kémiai változás során az anyag részecskéje változik meg (kémiai reakció).”

„A fizikai változás mindig csak a halmaz szerkezetét érinti, a kémiai változás már a részecskéknek a szerkezetét és összetételét változtatja meg.” [17]

A maga nemében egyedülálló az a megközelítés, amely a részecskék és a halmaz szerkezetének megváltozása alapján már háromféle változsról: fizikai, fizikai-kémiai és kémiai változsról szól:

„Az anyagi változások között vannak olyanok, amelyek sem egyik, sem másik csoportba nem illenek bele, mivel ezekben a folyamatokban megváltozik a halmaz szerkezete, de nem változnak meg a részecskék... A halmaz szerkezetének a megváltozását fizikai-kémiai változásnak nevezzük.” [18]

A kémiai változás részecskeszintű értelmezése

A kémiai részecskék felépítésének és a közöttük ható kötéseknek az ismerete teszi lehetővé a kémiai változás részecskeszintű megfogalmazásait.

A definíciók egyik csoportja az elektronszerkezet megváltozására helyezi a hangsúlyt:

„Kémiai reakció során:

– az atommag összetétele soha nem változik meg;

– az atomból elektron szakadhat ki, vagy az atomba újabb elektron épülhet be.” [9]

„A kémiai változás során a vegyértékhéjon lévő vegyértékelektronok száma változhat.” [15]

„Az elektronburok megváltozását, a nemesgázszerkezet kialakulását az atomok csak kémiai reakcióval érhetik el.” [19]

„A kémiai reakciókban az atomok vegyérték-héj-elektronjai átrendeződnek.” [5]

„A kémiai reakciókban az atomok ütköznek egymással. Ilyenkor az atomok külső elektronjainak helyzete változik meg.” [16]

„Az atomok kölcsönhatásakor a kémiai reakciókban általában a legnagyobb energiájú, (vagyis a legkülső héjakon lévő) elektronok állapotában következik be változás.” [11]

„A kémiai változásokban az atom elektronburokával vesz részt, az atommag változatlan marad.” [12]

„Az anyagok tulajdonságait, kémiai viselkedését döntően atomjaik elektronszerkezete határozza meg.”

„A kémiai folyamatokban azoknak az elektronoknak az állapotában történik a legnagyobb változás, amelyek a külső héjon vagy egy lezáratlan belső alhéjon helyezkednek el... A legtöbb kémiai reakcióban csak a vegyértékelektronok vesznek részt, az atomtörzs változatlan marad.” [20]

„Ha az atomok reakcióba lépnek, megváltozik az elektronszerkezetük. A kémiai folyamatokban azoknak az elektronoknak az állapotában következik be a legnagyobb változás, amelyek a legkülső elektronhéjon vagy egy telítetlen belső alhéjon helyezkednek el. Ugyanis ez az a része az atomnak, amelyik a legközvetlenebb kapcsolatba kerül a másik atommal a kémiai kölcsönhatásuk során. Az atomtörzs a kémiai folyamatokban változatlan marad. Az elemek kémiai tulajdonságát döntő mértékben a külső elektronhéjuk szerkezete határozza meg.” [21]

Más definíciók a részecskék közötti (elsőrendű) kémiai kötések felbomlásával és kialakulásával értelmezik a kémiai változást:

„A kémiai folyamatokban kémiai kötések szakadnak fel, és helyettük új kémiai kötések alakulnak ki.” [8]

„A kémiai reakciókban az atomok átrendeződnek, kapcsolódásuk megváltozik, de számuk mindig változatlan marad.” [10]

„A kémiai változások során új anyagok keletkeznek, kémiai reakció történik: elsőrendű kémiai kötések szakadnak fel, és új kötések alakulnak ki.” [22]

„A kémiai reakciókban új anyag keletkezésekor az atomok átrendeződnek, kapcsolódásuk megváltozik, de számuk mindig változatlan marad.” [5]

„A kémiai reakció lényege, hogy az egymással reakcióba lépő anyagok kötései felbomlanak, és új kötések jönnek létre.” [25]

„Az olyan változásokat, amelyek a részecskék belső szerkezetét nem érintik, fizikai változásoknak nevezzük...”

„A kémiai változás, más néven kémiai reakció során az anyagok atomjai közötti kapcsolatok felbomlanak, és az atomok másképpen kapcsolódnak össze.” [24]

Megfigyelhető, hogy a részecskeszintű definíciók jelentős részében az „atom” játssza a központi szerepet, mintha a kémiai reakciók elsősorban atomok (nem pedig molekulák, ionok vagy halmazban kötött „atomok”) között mennének végbe. Érdekes módon hiányoznak az új kémiai részecske (atom, molekula, ion) létrejöttével kapcsolatos meghatározások.

A kémiai változás szimbólumszintű értelmezése

A kémiai változás szimbólumszintű leírása, értelmezése reakcióegyenletekkel történik. Ezek – mint a kémiai reakció eszmei modelljei – a kémiai átalakulás más-más aspektusát ragadják meg, emelik ki. Az ún. szóegyenletek csak a reakcióban részt vevő anyagok minőségét hangsúlyozzák, a sztöchiometriai egyenletek a kémiai átalakulás mennyiségi viszonyait is leírják, a reakciómechanizmusok pedig a kémiai változás molekuláris szintű történéseit hangsúlyozzák.

A vizsgált tankönyvekben elsősorban a sztöchiometriai egyenlet jelenik meg, mint a kémiai reakció szimbólumszintű értelmezése, leírása:

„A kémiai reakciókat kémiai egyenlettel írhatjuk le.” [9]

„A kémiai átalakulásokat a reakcióban részt vevő anyagok vegyjelével, ill. képletével jelöljük.” [10]

„A kémiai átalakulásokat a reakcióban részt vevő anyagok vegyjelével és képletével jelöljük.” [5]

„A kémiai reakció során bekövetkező minőségi változásokat a kémiai egyenlet fejezi ki.” [6]

„A kémiai reakció jele a kémiai egyenlet.” [25]

„A kémiai változások leírása kémiai egyenletek segítségével történik.” [12]

„A kémiai átalakulást reakcióegyenlettel írjuk le.” [20]

„A kémiai átalakulásokat nagyon tömören és áttekinthetően ... reakcióegyenletekkel írjuk le. A reakcióegyenlet bal oldalára írjuk a kiindulási anyagok képletét, jobb oldalára pedig a termékekét. A képletek együtthatóival az arányokat fejezzük ki.” [14]

„A kémiai folyamatokat reakcióegyenlettel jelöljük. A reakcióegyenlet bal oldalára az egymásra ható anyagok vegyjelét vagy képletét, jobb oldalára a keletkező anyagok vegyjelét vagy képletét írjuk. A reakcióegyenlet két oldalán az azonos atomok számának meg kell egyeznie.” [13]

A legtöbb tankönyv adós marad azonban azzal, hogy a reakcióegyenletben mit jelentenek a műveleti jelek, mit jelent a két oldal közé írt egyenlőségjel vagy nyíl, hogyan kell egy ilyen egyenletet olvasni, értelmezni.

A fizikai és kémiai változás tankönyvi bevezetésének módszerei

Valamennyi tankönyvcsaládra jellemző, hogy a fizikai és kémiai változás tárgyalása már az első (7. osztályosok számára írt) kötetben megjelenik általában az első fejezetek valamelyikében. A továbbiakban a fizikai és kémiai változás bevezetésének módszerei közül a három szint tárgyalásának sorrendjét, az alkalmazott szemléltetést és egy érdekes probléma, az oldás tárgyalását ismertetjük.

A háromszintű tárgyalás megjelenése, sorrendje

A vizsgált 13 tankönyvben (tankönyvcsaládban) a fizikai és kémiai változás különböző szintű megfogalmazásai ötféle sorrendben követik egymást (1. ábra)

Látható, hogy az esetek több mint felében a tankönyvek az életkori sajátosságoknak meg-

felelően először az érzékelhető valóság szintjén próbálják megfogalmazni a fizikai és kémiai változások lényegét. Az anyagszerkezeti ismeretek (kémiai részecskék, kémiai kötések) bevezetése után kerül sorra a kémiai változás részecskeszintű újratárgyalása, majd a szimbólumokkal történő leírása. Ugyanakkor a példák azt mutatják, hogy ezeknek a fogalmaknak a bevezetése lehetséges a részecskék szintjén is, valamint a szimbólumszintű leírás (a reakcióegyenlet bevezetése) történhet közvetlenül a makro- vagy a részecskeszintű tárgyalás után is.

A fizikai és a kémiai változás szemléltetése

A tankönyvekben leírt szemléltetések szinte kizárólag csak a makroszintű bevezetéshez kapcsolódnak. Didaktikailag a legjobbak azok a kísérletek, amelyekben ugyanazon anyag különböző átalakulásait vizsgáljuk. Például a hurkapálca szétdarabolása és elégetése; a jód oldása vízben, alkoholban, benzinben, illetve meszes vízben, majd az oldatok melegítése; cukor oldása vízben és a cukor hevítése; a víz melegítése, forralása és elektrolízise; vaspör és kénpör összekeverése, illetve a keverék hevítése.

Az oldás tárgyalása

Az oldás talán az a legegyszerűbb és leggyakrabban előforduló folyamat, amelynek fizikai vagy kémiai folyamatként történő értelme-

zése a legtöbb problémát okozza. A problémák forrása kettős. Egyrészt maga a kifejezés a szövegkörnyezettől függően jelenthet fizikai változást (pl. konyhasó oldása, cukor oldása) és kémiai változást (nátrium oldása vízben, ammónia oldása vízben). Másrészt itt csúcsosodik ki leginkább az a tény, hogy a kémiai változás makroszintű (új tulajdonságú anyag megjelenése) és részecskeszintű (új kémiai részecske megjelenése) értelmezése nem mindig esik egybe. Nézzünk néhány tankönyvi megoldást:

„...ha az anyagból a vízben való oldás során ionok keletkeznek, akkor a vizes közegben elektrolitos disszociáció játszódik le, pl.: $\text{NaBr(aq)} \rightleftharpoons \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ (heterogén reakció)” [23]

„Az anyagi változások között vannak olyanok, amelyek sem egyik, sem másik csoportba nem illenek bele, mivel ezekben a folyamatokban megváltozik a halmaz szerkezete, de nem változnak meg a részecskék. Például a halmazállapot megváltozását vagy az oldódást nem tekinthetjük sem tisztán fizikai, sem tisztán kémiai folyamatnak, mivel ezekben a folyamatokban megváltozik a halmaz szerkezete, de nem változnak meg a részecskék. Az oldódás és a halmazállapotváltozás a fizikai és a kémiai változás közötti határterülethez tartozik. A halmaz szerkezetének a megváltozását fizikai-kémiai változásnak nevezzük.” [18]

„Vannak fizikai oldatok mint pl. a sós víz, a cukros tea. Ezeknél az oldatoknál fizikai változásokkal – pl. lepárlással, kristályosítással, szitá-

Makroszint	→	Részecskeszint	→	Szimbólumszint	7 esetben
Makroszint	→	Részecskeszint			1 esetben
Makroszint	→	Szimbólumszint			1 esetben*
Részecskeszint	→	Makroszint	→	Szimbólumszint	2 esetben
Részecskeszint	→	Szimbólumszint			2 esetben

(*Ebben a tankönyvcsaládban [7] igazából nem is szerepel a fizikai és a kémiai változás fogalma, definíciója, a szerző implicit módon kezeli azokat.)

lással, szűrőssel, kiszáritással stb. – visszanyerhető a feloldott szilárd anyag.”

„Ha oldódás közben újfajta anyag keletkezik, kémiai oldatról beszélünk. Ezeknél az oldatoknál fizikai változásokkal nem választhatók szét az eredeti alkotórészek.” [26]

„Az gyakran egyértelműen eldönthető, hogy egy átalakulás kémiai vagy sem. Sokszor azonban ennek megítélése is nézőpont kérdése. A nátrium-klorid oldódását például felfoghatjuk úgy, hogy az anyagnak csak az állapota változik meg: a vegyület szilárd állapotból oldott állapotba megy át. Más következtetésre jutunk, ha figyelembe vesszük, hogy szerkezeti változás is történik: a kristályos anyag szerkezet megszűnik, és a rácsban kötött ionokból hidratált ionok lesznek. Sok szempontból célszerű az oldatban szabadon mozgó Na^+ -, illetve Cl^- -ionok összességét külön-külön anyagnak tekinteni. A szilárd NaCl ugyancsak külön (más) anyag. Az oldódás során tehát egy anyagból két másik keletkezik.” [20]

Következtetések

A vizsgált kémiatankönyvek (tankönyvcsaládok) egy kivételével fontosnak tartják a fizikai és a kémiai változás definiálását és megkülönböztetését. A legtöbb tankönyv (tankönyvcsalád) többször is tárgyalja a kémiai változást, általában először makroszinten, majd részecskeszinten és végül a szimbólumok szintjén. Igazán jó, használható, minden esetre igaz definíciót azonban egyik tankönyv sem tud adni.

A makroszintű definíciókkal az a legnagyobb probléma, hogy nem jól definiált fogalmakkal („új minőségű/tulajdonságú anyag” képződése, „az összes/kémiai tulajdonság” megváltozása) próbálják leírni a kétféle változás lényegét.

A részecskeszintű definíciók már lényegesen kezelhetőbb leírást adnak („megváltozik a részecskék elektronszerkezete”, „új kémiai kötések bomlanak fel és alakulnak ki”), csak az a baj, hogy számos olyan folyamatot (pl. csapa-

dekképződési reakció, ionrácsos vegyületek oldása, egy fémtárgy széttörése vagy összehegesztése stb.) tudunk mondani, amelyre nem illenek ezek a definíciók.

Nagyon egyszerű (és igaz) lenne azt mondanivaló, hogy minden olyan folyamatot kémiai reakciónak tekinthetünk, amelyet reakcióegyenlettel lehet leírni. Csakhogy ezzel nem könnyítettük meg a folyamatok besorolásával küszködő tanuló és a fogalmak jelentését tisztázni akaró tanár dolgát.

Irodalom

- [1] Tóth Zoltán: A kémiai fogalmak természete. Iskolakultúra, 12 (4) 92-95 (2002)
- [2] Tóth Zoltán: A kémiai fogalmak tanításának tartalmi és módszertani kérdései. A Kémia Tanítása, 9 (2) 3-7 (2001)
- [3] Tóth Zoltán: A kémiatankönyvek mint a tévképzetek forrásai. Iskolakultúra, 9 (10) 103-108 (1999)
- [4] Tóth Zoltán: „Bermuda-háromszögek” a kémiában. Iskolakultúra, 10 (10) 71-76 (2000)
- [5] Zsuga Jánosné: Kémia 12-13 éveseknek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997.
- [6] Balázs Lórántné dr., Tóth Zsuzsa: Kémia 13-14 éveseknek. Calibra Kiadó, Budapest, 1994.
- [7] Kisfaludi Andrea: Kémia 12-18 éveseknek 1. Belépés a kémia birodalmába. Calibra Kiadó, Budapest.
- [8] Maróthy Miklósné: Kémia 12-14 éveseknek. Konsept Kiadó, Budapest.
- [9] Villányi Attila: Kémia I. Bevezetés a kémiába. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- [10] Z. Orbán Erzsébet: Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [11] Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs: Kémia 7. Kémiai alapismeretek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1997.
- [12] Dr. Deák György: Kémia a 7. osztályos tanulóknak és a 13 éves korosztály számára. Apáczai Kiadó, Celldömölk, 1997.

- [13] Z. Orbán Erzsébet: Kémia 9. A szakiskolák számára. Korona Kiadó, Budapest, 2001.
- [14] Dr. Boksay Zoltán: Kémia 9. A gimnáziumok számára. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001.
- [15] Balázs Lórántné, J. Balázs Katalin: Kémia I. Alapfokon, 13-14 éveseknek. Calibra Kiadó, Budapest.
- [16] Kecskés Andrásné, Rozgonyi Jánosné: Kémia 7. Általános iskola. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.
- [17] Nadrainé Horváth Katalin, Varga Imréné: Kémia I. Reál érdeklődésű diákok számára. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [18] Kecskés Andrásné, Rozgonyi Jánosné, Kiss Zsuzsanna: Kémia 8. Általános iskola. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.
- [19] Nadrainé Horváth Katalin: Kémia II. Reál érdeklődésű diákok számára. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.
- [20] Dr. Boksay Zoltán, dr. Török Ferenc, Pintér Imréné, dr. Balázs Lórántné: Kémia a gimnázium I. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1982.
- [21] Hobinka Ildikó: Kémia a gimnázium I. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest.
- [22] Balázs Lórántné, J. Balázs Katalin: Kémia II. Alapfokon, 14-15 éveseknek. Calibra Kiadó, Budapest.
- [23] Nadrainé Horváth Katalin: Kémia III. Reál érdeklődésű diákok számára. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.
- [24] Dr. Büki András, Oláh Zsuzsa: Kémia 9. A középiskolák számára. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001.
- [25] Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs: Kémia 8. Szervetlen Kémia. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1998.
- [26] Bonifert Domonkosné dr., dr. Halász Tibor, dr. Miskolczy Józsefné, Molnár Györgyné dr.: Természetismeret 6. Fizikai és kémiai alapismeretek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1997.

A munkát az OTKA (T-026281) támogatta.

Doba László

Felkészítés kémia felvételire

Tizenöt éve végzek felkészítést a kémia felvételire. Azt, hogy hogyan teszem, vázlatosan a következőkben foglalom össze. A munka kezdetén áttekintem a diákokkal az **írásbeli felvételi szerkezetét, a feladat típusokat**, a pontarányokat. Ezt azért csinálom, hogy értsék: a továbbiakban mit, miért csinálunk. Ezután elmondom, hogy a tankönyveken túl **milyen könyvekre, segédeszközökre** (a legfontosabb egy számológép és egy periódusos rendszer) lesz **szükségünk**. A felkészülés kezdetén a diákok kötelező középiskolai kémiai tanulmányaikon túl vannak. Ezért és amiatt,

mert az **írásbelinél a számítási feladatok megoldása a legproblematisabb, ilyen feladatokkal kezdünk**. Az is fontos szempont, hogy a számítási feladatokbeli jártasság nélkül sikeres felvételi vizsgát nem lehet tenni. A középiskolai kémiaórákon a feladatok megoldása a gyerekek nagyobb részének komoly nehézséget jelent. Gimnáziumban az ötpontos számítási feladatok szintjéig csak kevesen jutnak el. Nincs is elegendő idő arra, hogy mindenki gyakorlatot szerezzen a feladatmegoldásokban.

A felvételire való felkészítéshez igen sok könyv használható. A következőkben a nálam

legjobban beváltakat említem meg. Ezek a könyvek egyúttal frissek is. A gyakorlatomban Villányi Attila három könyve játszik kulcsszerepet. Az Ötösöm lesz kémiából (Calibra Kiadó, több kiadás) című könyvet fokozatossága, alkalossága teszi alkalmassá arra, hogy belőle a számítási feladatok megoldását megtanuljuk. A könyvnek a feladatokat megelőző elméleti összefoglalói is hasznosak. Használhatjuk ezt a könyvet is: Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: Rendszerező kémia mintapéldákkal, feladatokkal (Mozaik Oktatási Stúdió, több kiadás).

A feladatmegoldások tanításának kezdetén egyebek mellett beszélek a következőkről; a feladatok megértésének fontossága; a figyelmes számológéphasználat követelménye; a számolások pontossága; a függvénytáblázat szerepe.

Fontosnak tartom, hogy mielőtt a diák belekezdene a feladatmegoldásba, próbálja **megérteni a feladatot**. Először is figyelmesen olvasson, utána gondolja végig: mi van megadva? Mit keresünk? A megadott és a keresett mennyiségek közt milyen összefüggést ismerünk? Gyakori, hogy pl. egy olyan feladat esetén, amelyben kémiai reakció játszódik le, a diákok anélkül, hogy az előzőeket végiggondolnák, rögtön az egyenlet felírásával próbálkoznak. Ha ezt fel is tudják írni, rögtön megakadnak. Az egyenletet azonban nem biztos, hogy az első lépésben kell felírni. Akkor kell megtenni, amelyik lépésnél használni is fogjuk. Összetettebb feladatok megoldásánál a diákok gyakran több ismeretlent vezetnek be a matematikai egyenletek felállításához, mint az célszerű lenne. Emiatt látszólag kevesebb egyenletük lesz, mint kellene. Ilyen problémák esetén megbeszéljük a helyes eljárást. Ügyelni kell arra, hogy a megadott adatokkal számoljunk. Hasonló figyelem kell a **számológép használatához**, hogy a téves számolásokat elkerüljük.

Megértetem a diákokkal azt is, hogy **milyen pontossággal kell számolni**. Ennek elvi és gyakorlati vonatkozásai is vannak. Az elvi vonatkozás az, hogy a kiszámolt adatok pontossága nem lehet nagyobb a megadottakénál.

A gyakorlati az, hogy bizonyos mennyiségértékeket nem is lehet kimérni. Így értelmetlen feladateredmény az $5,3824 \text{ cm}^3$ vagy a $124,5322 \text{ mg}$, illetve a $3,532687\text{-es pH}$. A feladatok legtöbbjéhez megadják a megoldásához szükséges adatokat (legfeljebb az atomtömegek hiányoznak), mégis felhívom a diákok figyelmét arra, **mi mindent olvashatnak ki a függvénytáblázatból**.

Az elejétől fogva szorgalmazom, és kezdetben segítséget adok abban, hogy a **megoldásokat lépésekre bontsák**, és jelöljék is az egyes lépéseket. Ennek különösen összetettebb feladatok megoldásánál van szerepe. Segítségével jobban megérthetjük, mit és miért úgy csináltunk.

Szoktam számítási feladatokat megoldatni fejben is, a következőképpen. Miután megértette a diák a feladatot és gondolkozott a megoldáson, elmondatom vele az elképzelését. Mit számolna ki először, majd ezután és utána, majd tovább és hogyan, miért? Ezt a módszert csak azokkal diákokkal lehet végigvinni, akik némi gyakorlatot már szereztek a számítási feladatok megoldásában. Házi feladatnak adom, hogy írásban is oldja meg a elviekben már megoldott feladatot.

Sok feladatnak kettő vagy több (egymástól teljesen vagy részben eltérő) **megoldása létezik**. Ezért, ha adtunk egy megoldást, érdemes megvizsgálni, milyen más módon juthatnánk el a válaszig. Ha több megoldásunk van, érdemes megbeszélni, van-e köztük olyan, amelyet érdemes előnyben részesíteni? A frappáns, egyúttal rövid, csak a feladatban megadott adatokkal operáló megoldásokat részesítjük előnyben.

Felhívom a diákok figyelmét a tömegmegmaradás (anyagmegmaradás) törvényére, amelynek jó hasznát vesszük pl. az oldatkészítéssel, kristályosítással kapcsolatos feladatok megoldásánál. Hangsúlyozom **a kémiai egyenletek hibátlan felírásának szerepét** azokban a feladatokban, ahol reakció játszódik le. Megbeszéljük, mi mindent olvashatunk le az egyenletekből. Az egyik legfontosabb az, hogy

az egyenlet kapcsolja össze a kiindulási anyagok mennyiségeit a keletkezett anyagok mennyiségeivel. Beláttatom a diákokkal azt, hogy a középiskolai könyvekben szereplő egyenletek ismeretére (sőt ennél többre is) szükség van a sikeres megoldásokhoz. Ha nem emlékeznek egy egyenletre, nem csak felírom, hanem a tankönyvben meg is mutatom, hol tanultuk. Ugyanígy járok el, ha az anyagok elnevezésénél, tulajdonságainál, előállításánál, előfordulásánál vagy egyéb helyeken találkozom hiányságokkal.

Ahogy a feladatmegoldásokban előre haladunk, egyre inkább **nemcsak a szóbanforgó feladatot oldjuk meg**, hanem annak apropóján a feladathoz kapcsolódó más kérdésekről is szót ejtünk. Így megbeszéljük, hogy a megadott adatokból kiindulva **még mit kérdezhetnénk**, mit számolhatnánk ki? **Hogyan válaszolnánk kérdéseinkre?** A jó kérdező diák jó feladatmegoldó lehet. Beszélünk a feladatban szereplő anyagok esetleges más nevééről, tulajdonságairól, előállításáról is. Túl is lépünk a feladat anyagain. Ha pl. a feladatban fehér csapadék szerepel, összegyűjtjük az ismert fehér csapadékokat. Ha pl. levegőnél kisebb sűrűségű gázzal van szó, végiggondoljuk: mely ilyen tulajdonságú gázokat ismerünk? Ha a feladatban mondjuk etil-alkoholból kiindulva etilént állítunk elő, azt is megbeszéljük, hogy etil-alkoholból a körülményektől függően (melyek ezek?) dietil-étert is nyerhetünk.

Ha már sok feladatot megoldottunk, elgondolkodunk azon, hogy egyeseket **milyen feladattípusokba** sorolhatnánk? Felhívom azon diákok figyelmét, akik nem ismerték volna fel, hogy a következő (egyszerű) feladatok azonos típusúak:

1. A dm^3 standard állapotú metán-etán elegyet elégetve b kJ hő fejlődik. Mi az elegy térfogat-százalékos összetétele?
2. C g CaCO_3 - MgCO_3 keveréket sósavban oldva d dm^3 normál állapotú CO_2 keletkezik. Mi a keverék tömegszázalékos összetétele?

Ilyen típusú feladattal elektrolízisnél vagy más összefüggésben is találkozhatunk, és

mindegyiket hasonló módon kell megoldanunk.

A feladatmegoldások tanítása során fontosnak tartom, hogy **érzékeltessem a diákokkal a feladatok gyakorlati vonatkozásait, értelmét**. Könnyen megértik pl., ha egy feladat szerint tömény savoldatból kell bizonyos koncentrációjú oldatot készíteni, akkor ez egy nagyon is gyakorlati feladat, laboratóriumban sokszor csinálunk ilyet. Megmutatom azokat az eszközöket is, amelyek segítségével a munkát elvégezhetjük. A titrálási feladatoknál is hasonlóan járok el. Elmondom pl., hogy vegyipari szakközépiskolásként nyári gyakorlaton egy konzervgyárban az egyik feladatom az volt, hogy határozzam meg a zöldborsókonzerv felöntő levének NaCl -tartalmát. Ezt titrálással tettem meg, így és így, ezekkel az eszközökkel. Tudatosítom, hogy titrálásokat laboratóriumokban még ma is végeznek (bár az analitika jócskán fejlődött) a legkülönbözőbb célokkal.

Az **esszékérdésre** úgy szoktunk gyakorolni, hogy egyrészt áttekintjük a korábbi felvételik ilyen feladatait. Ehhez két könyvet használunk. Évenként megjelenik a Felsőoktatási felvételi feladatok és vizsgakövetelmények (Országos Felsőoktatási Felvételi Iroda) című könyv. Az utóbbi 20 év feladatait egy kötetben közli a dr. Tóth Zoltán szerkesztette Érettségi-felvételi feladatok kémiából (1980-1999) (Tóth Könyvkereskedés és Kiadói Kft, év nélkül). Ebben a könyvben 50 feladatsort találunk, ugyanis korábban egy évben több írásbeli felvételi feladatsor volt, másrészt a könyv a debreceni egyetemek próbafelvételi jeinek feladatsorait is tartalmazza. Másrészt a korábbi esszékérdéseket ismerve, magunk is kitalálunk ilyen feladatokat, amelyeket utána megoldunk. Az esszékérdésekre adott válaszok kidolgozásánál felhívom a diákok figyelmét, hogy feleletükben a kérdéseket, a megadott szempontokat tartsák szem előtt, arra válaszoljanak. Aki a tananyag egészét ismeri, minden kérdésre tud válaszolni.

Az utóbbi években szerepelnek az írásbeli felvételin **kísérlettel kapcsolatos kérdések**. Ezekre akkor tudnak válaszolni a diákok, ha

emlékeznek a középiskolai tanulmányok alatt látott, végzett kísérletekre. Arra nincs lehetőség, hogy az összes középiskolai kísérletet a felvételi-re való felkészüléskor megismételjük. Néhányat esetleg azonban újra bemutatok. A kísérletek felidézésére a dr. Pfeiffer Ádám-féle gimnáziumi szerves kémia könyvet és Z. Orbán Erzsébet-féle szerves kémiai könyvet javaslom. Ezekben a kísérletek leírása részletesebb (sokszor rajzzal ellátott), mint párhuzamos könyvekben. A kísérletek átismétléséhez hasznos lehet (ha korábban használtuk) Irlanda Dezső és dr. Orosz Ernőné Kémia kísérletgyűjteménye (Nemzeti Tankönyvkiadó, több kiadás) is. Ezeket is használhatjuk: Rózsahegy Márta – Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához (Nemzeti Tankönyvkiadó (több kiadás), Rózsahegy Márta – Wajand Judit: Látványos kémiai kísérletek (Mozaik Oktatási Stúdió, 1999).

Kémia felvételin az utóbbi években csak **egyszerű választásos tesztek** fordulnak elő. Ezek megoldását Villányi Attila: Kémia tesztgyűjtemény középiskolásoknak (Calibra Kiadó, több kiadás) című könyvből gyakoroljuk. Felhasználhatjuk Albert Viktor - Albert Attila: 5000 feladat kémiából középiskolásoknak, felvételizőknek (Műszaki Könyvkiadó, 1998) című könyvét is. A Z. Orbán Erzsébet szerkesztette Összefoglaló feladatgyűjtemény kémiából (Nemzeti Tankönyvkiadó, több kiadás) című könyvben is találunk – a számítási feladatokon túl – ilyen teszteket. Az ilyen tesztek helyes megoldásának alapvető feltétele a kérdés figyelmes elolvasása. Felhívom a diákok figyelmét, ha bizonytalanok a válaszban, segíthet a válaszadásban, ha bizonyos válaszokat biztosan ki tudnak zárni.

A táblázatkiegészítéses feladatok megoldásában gyakorlatot az említett Villányi Attila-féle Kémiai tesztgyűjtemény középiskolásoknak című könyv felhasználásával szerezhetünk. Az ilyen feladatokban anyagok, esetleg reakciók szerepelnek és ugyanazok a kérdések vonatkoznak rájuk. Jó segítséget jelent az ilyen feladatok megoldására való felkészüléshez Villányi Attila harmadik könyve, a Kémiai összefoglaló kö-

zépiskolásoknak (Calibra Kiadó, több kiadás). Ez a könyv ugyanis táblázatos formában foglalja össze az egymással bizonyos rokonságban levő vegyületek, vegyületcsoportok, tudnivalóit. Az egymás mellett levő táblázatokból különös hangsúlyossággal látszanak a hasonlóságok, azonosságok, különbségek. Ez a tanulást megkönnyíti.

Ha az írásbeli összes feladattípusára felkészültünk, a finis előtt felvételire **a korábbi évek feladatsorait** felhasználva edzünk. Háromféle könyvet használunk. Az említett Felsőoktatási felvételi feladatok és vizsgakövetelményeket és az Érettségi-felvételi feladatok kémiából (1980-1999) címűt. Z. Orbán Erzsébet – Borszéki Ágnes: Felvételi és versenyfeladatok gyűjteménye (több kiadás) 5, 10, 15 pontos bontásban közli a feladatokat. **Az igazán szép kémiafeladatok összetettek** olyan értelemben, hogy egy feladaton belül a kémia több területéről kell ismereteket összekapcsolni. Egyszerre van bennük pl. pH-számítás és titrálás is. Ilyeneket a Középiskolai Kémiai Lapokból is szoktam választani.

Az írásbeli felvételi megírása után a megoldásokat leghamarabb a www.felvi.hu internetes címen találhatjuk meg.

Aki felkészült az írásbeli felvételire, az egyúttal felkészült a **szóbelire** is (ha az illető szakon van). A szóbeli tételeket a felvételi tájékoztató közli, illetve a felsőoktatási intézmények megküldik a jelentkezőknek. A szóbelire történő rövid felkészülésnél **azokat a tételeket tekintjük át, amelyek komplexek**. Az ezekhez tartozó tudnivalókat középiskolában különböző helyeken és időben tanultuk. Ilyen tételekre gondolok: A szerves vegyületek rendszerezése és az izoméria formái. A funkciós csoport, a funkciós csoportok jellemző reakciói. Felhívom a diákok figyelmét arra, hogy a felkészülésnél minden tételt egyforma fontosnak tartsanak, mindegyikre készüljenek fel. Még igen jó tanulónknál is tapasztalom, hogy vannak kevésbé szimpatikus tételek. Pl. a p-mező elemei és vegyületei (a vegyületek rész a problematikus). Ötvözetek.

Dr. Hannus István

Klórtartartalmú vegyületek, freonok és környezetünk

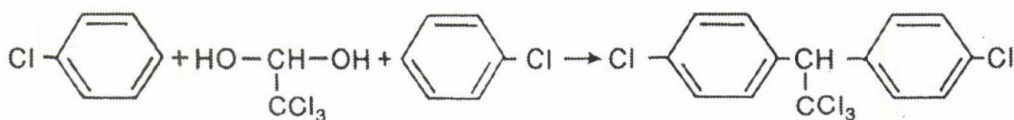
Az utóbbi évtizedekben a vegyipar sok olyan klórtartalmú szénhidrogént állított elő, amelyeket az élet különböző területein, pl. növényvédelem (DDT), műanyagok (PVC, teflon) vagy hűtéstechika (freonok) hatékonyan lehet használni. Az előnyös tulajdonságok egy része a szén-klór kötés erősségével és a vegyületek ebből adódó stabilitásával függ össze. A tömeges felhasználásnál azonban ez az előnyös tulajdonság környezetvédelmi hátránnyá válik, ugyanis ezek a vegyületek nagyon lassan bomlanak le, illetve a képződő hulladékok megsemmisítése is gondot okoz.

A DDT-sztori

A fenti a problémára először a DDT alkalmazása során derült fény. A diklór-difenil-triklór-etánt (DDT) már a XIX. század végén előállították az 1. ábrán látható módon. Döntően a p,p' származék keletkezik a reakcióban, de kb. 15 %-ban az o,p' vegyület is képződik melléktermékként. A '40-es évekig a DDT-nek nem volt gyakorlati jelentősége, amíg Paul Müller svájci kutató, szisztematikus vizsgálatokat végezve szerves klórvegyületek rovarölő hatásával

kapcsolatban, ki nem derítette, hogy ez a régen ismert, egyszerűen és olcsón előállítható anyag a rovarokra rendkívül hatásos kontakt méreg, míg melegvérű állatokra és emberre ártalmatlan (vélték akkor). A II. világháború vége felé még a szövetséges csapatok győzelmében is szerepet játszott a tifuszt terjesztő tetvek elpusztítása révén. A használatával kapcsolatos lelkesedés a háború után is folytatódott a szúnyogok, legyek, colorado bogarak (krumplibogár) irtásában. 1948-ban a DDT-vel kapcsolatos kutatásaiért Paul Müller kapta meg az élettani (orvosi) Nobel-díjat.

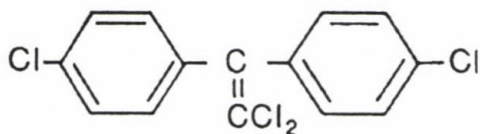
A tömeges használatot azonban negatív tapasztalatok is kísérték. A szer nem szelektív hatású, a hasznos rovarokat is pusztítva ökológiai zavarokat okozott. A kártékony rovarokban rezisztencia alakult ki, aminek ellensúlyozására a kiszórt adagok mennyiségének növelésével próbálkoztak. Rendkívül hátrányosnak bizonyult az a kezdetben kedvezőnek hitt tulajdonság is, hogy a természetben hosszú ideig nem bomlik le. A talajvízzel a folyókba és tavakba jutva felhalmozódott az algákban, és a táplálékláncon át a halakba, majd a madarakba került, szervezetükben felhalmozódott, és vagy a puszt



1. ábra

A DDT-bez, szabatos kémiai nevén a 1,1-bisz (p-klór-fenil)-2,2,2- triklór-entánhoz vezető reakció kloráthidrátból és klór-benzolból tömény kénsavval kiváltott elektrofil szubsztitúcióval.

A folyamatban a para-izomer keletkezése az uralkodó

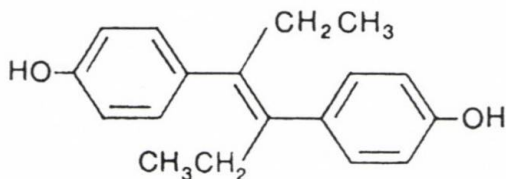


2. ábra

Az antiandrogén hatású p,p'-DDE, a DDT fő metabolitja

tulásukhoz vezetett, vagy gátolta szaporodásukat. Rachel Carson a „Néma tavasz” című 1962-ben megjelent könyvében drámai erővel hívta fel a figyelmet a DDT használatának káros következményeire. Ez volt a környezetvédő mozgalmak kibontakozásának kezdete is. A negatív tapasztalatok hatására a 60-as évek végén a fejlett országokban betiltották a DDT, és mellette a HCH (hexaklór-ciklohexán) használatát is. Hazánkban az elsők között, 1968-ban került a tiltott szerek listájára [1]. Bizonyos országokban (Brazília, Mexikó) azonban a kisebbik roszsát választva időnként még ma is bevetik a maláriát terjesztő szúnyogok ellen.

Úgy tűnik azonban, hogy több, mint harminc évvel a betiltás után sincs még vége a DDT-sztorinak. Nemrég számoltak be arról, hogy patkányokon végzett kísérletek szerint a DDT fő metabolitja, a HCl kihasadással képződő p,p'-DDE (lásd a 2. ábrán) hatásos antiandrogén anyag, amely a magzati életben gátolja a férfijelleg kialakulását, az ivarszervek normális kifejlődését [2]. Ahhoz, hogy egy anyag androgén (férfiasító) vagy ösztrogén (nőiesítő) hatású legyen, nem kell feltétlenül szteroidnak, azaz szterán-



3. ábra

A dietil-sztilbösztrol szintetikus vegyület, amelyről már 1938-ban észrevették, hogy ösztrogén hatású

vázis vegyületnek lennie, mint a nemi hormonok. Régóta ismert, hogy a 3. ábrán látható dietil-sztilbösztrol, térkitöltése és a két hidroxil csoport egymástól való távolsága miatt, meg tud kötődni ugyanazokon a hormon receptorokon, és hasonló hatást tud kifejteni, mint a 4. ábrán látható leghatásosabb ösztrogén, az ösztradiol.

Használatának betiltása ellenére a DDT még ma is kimutatható azoknak a szervezetében (májban és zsírtestekben), akiket a 60-as évekig komolyabb terhelés ért. Így a DDT is oka lehet a napjainkban a férfiakat érintő ártalmas, antiandrogén (férfiatlanító) hatásoknak.

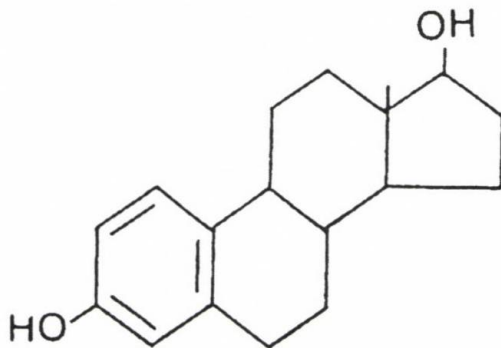
Freonok

Néhány évtizeddel később a freonok esetében is a szén-klór kötés stabilitása okozott bajt.

A klór-fluór-szénhidrogéneket (CFC-k) az 1930-as években fejlesztették ki az ammónia és a kén-dioxid hűtőanyagok biztonságos alternatívájaként. Számos előnyös tulajdonságuk révén széles körben kerültek alkalmazásra: stabilis vegyületek, nem reakcióképesek, nem mérgezők, nem gyúlékonyak, szagtalanok, íztelenek, kicsi a hővezetőképességük stb.

Felhasználási területeik a következők:

– hűtőközegek hűtő-, fagyasztó-, légkondicionáló berendezésekben,



4. ábra

Az ösztradiol, a leghatásosabb női nemi hormon. 1930-ban izolálták

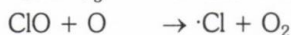
- aeroszolok (szórópalackok) hajtógázai,
- műanyag habok gyártása: habosítók, szigetelőanyagok,
- tűzoltóanyagok,
- elektronikai berendezések, nyomtatott áramkörök, precíziós mechanikai elemek tisztítása,
- száraz vegytisztítás, textiltisztítás.

Az 5. ábrán a világ becsült freontermelési adatai és a fő felhasználási területek százalékos megoszlása látható. 1988-ban több, mint egymillió tonna volt a termelés. Ekkorra a felhasználásban már visszaestek az aeroszolok (hajtógáz), de nőtt a hűtő-, tisztító- (elektronikai ipar) és habosítószer (poliuretánhab) gyártása.

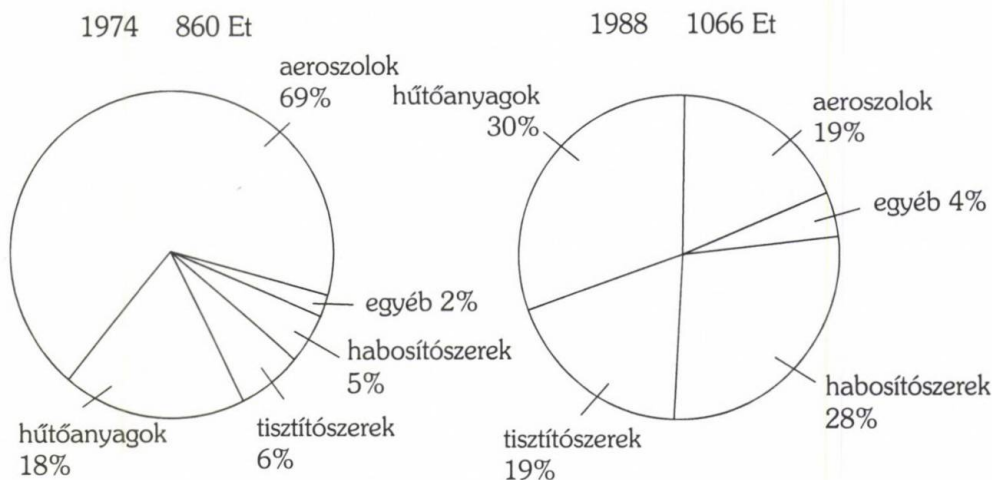
A freon név az első gyártó, a DuPont cég által adott és védetté is nyilvánított elnevezés. A nemzetközileg elfogadott jelölés a clorofluorocarbons angol név három betűje: CFC. Hidrogéntartalmú vegyületeknél ez HCFC, míg klórt nem tartalmazóknál HFC. Ezt követi két (az egy szénatomos), ill. három (a több szénatomos vegyületeknél) számjegy, amiből a szabályok alapján kikövetkeztethető a vegyület összetétele. Izomereket egy plusz kisbetűvel különböztetnek

meg, pl: CFC-12 = CCl_2F_2 , míg HFC-134a = CH_2FCF_3 .

A freonok használatának káros következményeire először 1974-ben M.J. Molina és F.S. Rowland a Nature című folyóiratban publikált cikke hívta fel a figyelmet [3]. Ebben megállapították, hogy a levegőbe kerülő, kémiaiailag nagyon stabil freonmolekulák nem bomlanak el, átlagos élettartamuk a 100 évet is meghaladja. Eközben lassan a magas légkörbe, a 20-40 km magasban lévő sztratoszférába kerülnek, ahol az ultraibolya sugárzás erőssége már elég a szén-klór kötés elbontásához (a szén-fluór kötés erősebb, az itt sem bomlik el). A keletkező klóratom, mint párosítatlan elektronnal rendelkező, nagyon reakcióképes szabad gyök elbontja az ózonmolekulákat. Ez a földi életet a káros ultraibolya sugárzástól védő ózonpajzs jelentős „elvékonyodásához” vezet.



A 6. ábrán táblázatosan látható a legnagyobb mennyiségben használt freonok élettart-



5. ábra
A világ becsült freontermelése

CFC-k ózonbontó képessége (ODP) és élettartama az atmoszférában

Vegyület	Képlet	Élettart./év	ODP
CFC-11	CCl_3F	75	1,0
CFC-12	CCl_2F_2	111	1,0
CFC-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	90	0,8
CFC-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	185	1,0
CFC-115	CClF_2CF_3	380	0,6

CFC-k üvegházhatásban játszott szerepe (GWP, CFC-11-re vonatkoztatva)

Vegyület	Képlet	GWP
CFC-11	CCl_3F	1
CFC-12	CCl_2F_2	2,8-3,4
CFC-113	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	1,3-1,4
CFC-114	$\text{CClF}_2\text{CClF}_2$	3,7-4,1
CFC-115	CClF_2CF_3	7,4-7,6
Szén-dioxid	CO_2	$1,5 \cdot 10^4$

6. ábra

tama és ózonbontó képessége (ODP=ozone depletion potential), a CFC-11 adataira, mint egységnyi értékre vonatkoztatva. Az ábra másik táblázatában az üvegházhatásban játszott szerepük (GWP=global warming potential) van feltüntetve. Ez azonban a CO_2 tízezerszer nagyobb hatásához képest nem jelentős. A freonok káros szerepe tehát döntően az ózonbontásban jelentkezik.

Molina és Rowland cikke hatásos volt a figyelem felkeltésében (1995-ben kémiai Nobel-díjat kaptak), és az ENSZ Környezeti Programja Bizottságot hozott létre azzal a céllal, hogy rendszeresen értékeljék az ózonréteg állapotát. Ezek a jelentések fokozatos romlást jeleztek, aminek eredményeként 1985-ben Bécsben megállapodás született arról, hogy sürgős védelmi lépésekre van szükség. Ennek hatására született meg 1987. szeptember 16-án a híres Montreáli Jegyzőkönyv, amely a 7. ábrán látható freonok termelésének és felhasználásának csökkentését írta elő. A szeptember 16. is érdekes, mert később ez a nap lett az ózon világnapja, amikor is

Vegyület	ODP	Légköri élettartam, év	Fő alkalmazások
Klór-fluor-szénhidrogének (CFC-k):			
CCl_3F (CFC-11)	1,0	75	lágú és kemény poliuretánhab, hűtés, légkondicionálás
CCl_2F_2 (CFC-12)	1,0	111	kemény poliuretán és más műanyag habok, hűtés, légkondicionálás, aeroszolok, sterilizálás, élelmiszer-fagyasztás
$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ (CFC-113)	0,8	90	oldószer
$\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$ (CFC-114)	1,0	185	kemény nem poliuretán habok, hűtés, légkondicionálás
C_2ClF_5 (CFC-115)	0,6	380	hűtés, légkondicionálás
Halonok			
CBrClF_2 (halon-1211)	3,0	25	hordozható tűzoltó készülékek
CBrF_3 (halon-1301)	10,0	110	habbal oltó rendszerek
$\text{C}_2\text{Br}_2\text{F}_4$ (halon-2402)	6,0	?	haboltók

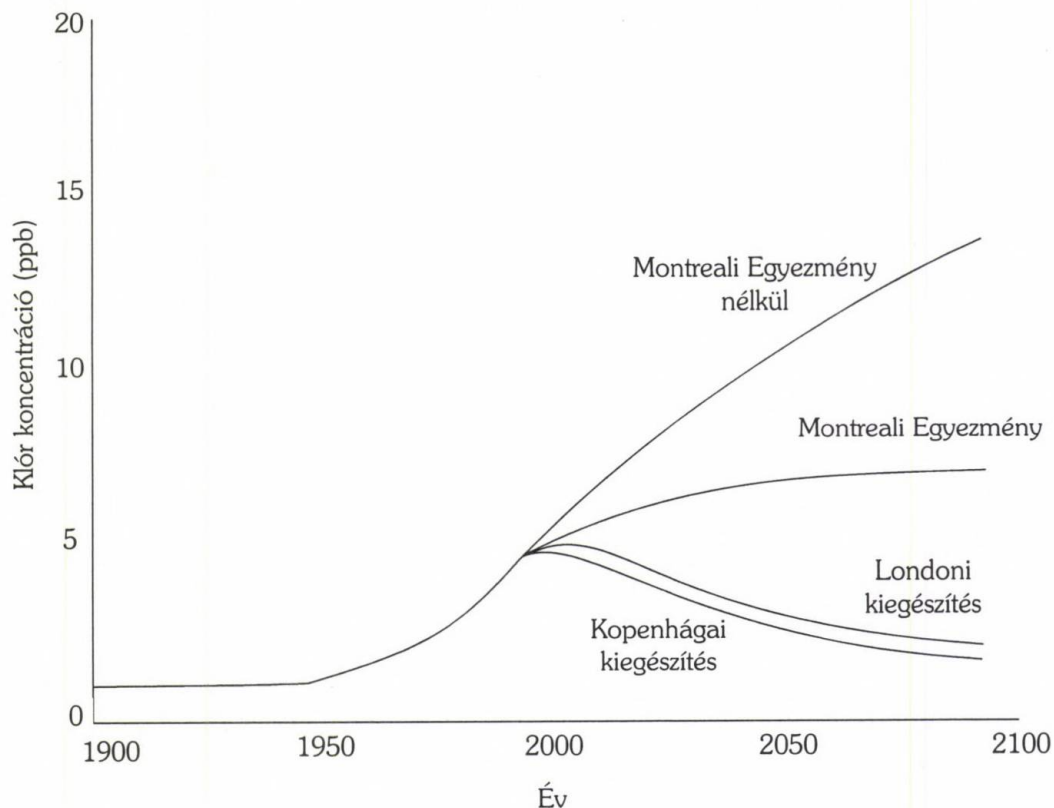
7. ábra

A Montreali Jegyzőkönyvben szereplő vegyületek, 1987

A Koppenhágai Módosításban szereplő anyagok, 1992

Bázisév	Csoport	Anyag	Csoportonként országosan felhasználható max. éves mennyiség a bázisévhez képest
1986	I. telített CFC-k	CFC-11 CFC-12 CFC-113 CFC-114 CFC-115	1996. I. 1-től 0%
1989	II. telített halonok		1994. I. 1-től 0%
Átmeneti helyettesítők	I. egyéb telített CFC-k		1996. I. 1-től 0%
	II. szén-tetraklorid	CCl_4	1996. I. 1-től 0%
	III. metil-kloroform	CH_3CCl_3	1996. I. 1-től 0%
	I. HCFC-k		1996. I. 1-től 2400 t/év 2030. I. 1-től 0 t/év
	II. telítetlen halonok		1996. I. 1-től 0%

A légköri klórkoncentráció alakulása a Montreali Egyezmény és módosításainak betartása esetén



8. ábra

külön propagandát kap az ózon Magyarországon is a „Védd, hogy védhessen!” szlogennel. A paraméterek közben nem javultak, ezért az 1990-es Londoni Módosítás ezen vegyületek használatának teljes betiltását irányozta elő 2000-re, ami az 1992-es Koppenhágai Módosítás által tovább szigorodott, és előre jött 1996-ra. Ekkortól kezdve tilos ezen vegyületek használata a fejlett országokban, és így Magyarországon is. A fejlődő országokra ez 2010-ben lép érvénybe. Ezzel 1996-ban tizedére esett vissza a Montreáli Jegyzőkönyvben szereplő, ún. „kemény” freonok termelése [4]. Előállt viszont egy felemás helyzet, mert pl. Mexikó, mint fejlődő ország gyárthatja ezeket az anyagokat, aminek az a következménye, hogy Mexikó és az USA határán ma a kábítószer-csempészet után a második legnagyobb üzlet a betiltott freonok csempészése.

A 8. ábra mutatja, hogy a Koppenhágai Módosításban további klórtartalmú vegyületek használatának betiltását, ill. korlátozását is előírták. Így pl. korlátozták, és 2030-tól tilos lesz a hidrogéntartalmú, ún. „lágy” freonok, a HCFC-k használata. Ezek légköri élettartama és ózon-

bontó képessége ugyan jóval kisebb, mivel HCl- molekula kihaladásával már a látható fény hatására is bomlanak, így csak kis részük jut fel az ózonrétegig. A 8. ábra azt illusztrálja, hogy szükség volt a Montreáli egyezmény után további szigorításokra, mert csak így válik visszafordíthatóvá az ózonfogyás folyamata, de még legalább 50 év kell, hogy a légkörben a freonok használata előtti kis klórkoncentráció visszaálljon, és az eredeti ózonmennyiség újra kialakuljon.

A következő kérdés az, hogy mivel tudjuk helyettesíteni a betiltott freonokat [5]. A szórópalackoknál egyrészt előtérbe kerültek a pumpás megoldások (pl. a kozmetikai iparban), másrészt hajtógázként pedig szén-dioxidot, propán-butánt, pentánokat használnak. Az utóbbiak hátránya, hogy szénhidrogének lévén gyúlékonyak, tűzveszélyesek. A hűtőtechnikában is próbálkoznak cseppfolyós szénhidrogének alkalmazásával. A betiltottak helyettesítésére a HCFC-k, a „lágy” freonok ideiglenesen, és a klórt nem tartalmazó „zöld” freonok, a HFC-k pedig korlátozás nélkül használhatók. A napjainkban forgalmazott hűtőszekrények jelentős ré-

Vegyület	Képlet	Élettartam/év	ODP	GWP
HCFC-22	CHClF_2	13,3	0,03	0,36
HCFC-123	CHCl_2CF_3	1,4	0,01	0,02
HCFC-124	CHClFCF_3	5,9	0,03	0,10
HCFC-141b	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$	9,4	0,10	0,14
HCFC-142b	CH_3CClF_2	19,5	0,05	0,44
HCFC-225ca	$\text{CHCl}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	2,5	0,02	0,04
HCFC-225cb	$\text{CHClFCF}_2\text{CClF}_2$	6,6	0,02	0,12
HFC-32	CH_2F_2	6		0,13
HFC-125	CHF_2CF_3	36		0,74
HFC-134a	CH_2FCF_3	14		0,29
HFC-143a	CH_3CF_3	55		1,1
HFC-152a	CH_3CHF_2	1,5		0,03

9. ábra

Helyettesítő anyagok ózonbontó képessége és üvegházhatása

szében HFC-134a (CH_2FCF_3) cirkulál hűtőközegként. A 9. ábrán ezeknek a helyettesítőknek az ózontörő képessége és üvegházhatása látható.

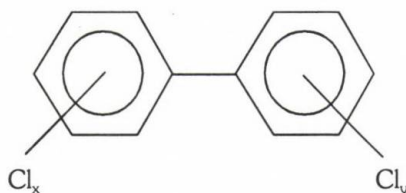
A káros freonok további használatának betiltása után még mindig marad egy kérdés, hogy mi történjen a már korábban gyártott és jelenleg a működő hűtőszekrényekben, légkondicionálókban lévő freonokkal, hogy azok már ne kerüljenek a légkörbe. Ezt a freonmennyiséget az eszközök javítása, leselejtezése során zárt rendszerben kell összegyűjteni. Hazánkban is megvan a szakembergárda (zöld igazolvánnyal rendelkező hűtőgépszerezők) ennek elvégzésére.

Ha elegendő mennyiségű és megfelelő tisztaságú freon áll rendelkezésre, akkor a legjobb módszer a hidrogénes redukcióval történő át-

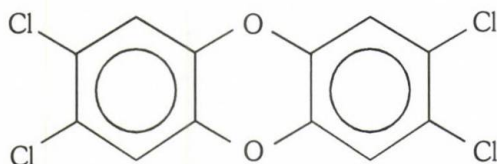
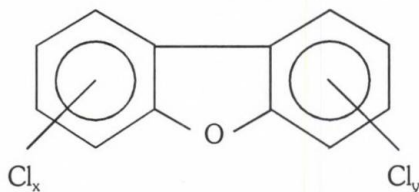
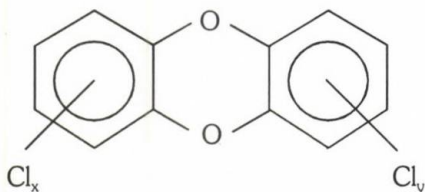
alakítás, a katalitikus hidrodeklórozás. Ennek során a betiltott freonból helyettesítő anyagot, a „rossz” freonból „jó” freont nyerhetünk, CFC-ből HCFC, ill. HFC állítható elő. A szelektív redukció alapja az, hogy a C-F kötések több mint 100 kJ/mol-lal erősebbek, mint a C-Cl kötések, ezért csak a Cl-atomok cserélődnek H-re, a F-atomok nem. Hidrogénező katalizátorként aktívszén hordozóra felvitt fém palládium használható.

Ha a tisztaság nem megfelelő az átalakításhoz, akkor oxidatív megsemmisítés jöhet szóba akár katalitikus úton, akár hulladékégetéssel. Katalitikus módszerekkel alacsonyabb hőmérsékletre kell felmelegíteni az anyagot, mint hulladékégetésnél. Utóbbi esetben CO_2 , HCl, Cl_2 , HF és F_2 a végtermékek, amelyeket lúgos közegben történő elnyeletéssel kell ártalmatlanítani.

Poliklórozott bifenilek (PCB)



Poliklórozott dibenzo-dioxinok és dibenzo furánok



10. ábra

ni. Nagyon lényeges, hogy az égetés során 1200 °C-t el kell érni, vagy ilyen hőmérsékletű utóégetőt kell alkalmazni, hogy biztosan ne képződjenek klór-dioxinok.

Poliklórozott vegyületek

A poliklórozott bifenilek (PCB-k), a poliklórozott dibenzo-dioxinok (PCDD-k) és dibenzo-furánok (PCDF-k), melyek szerkezeti képlete a 10. ábrán látható, a környezetünkre veszélyes klórvegyületek következő csoportja.

A poliklórozott bifenileket kedvező dielektrikus tulajdonságaik és lángállóságuk miatt szigetelőfolyadékként a 30-as évek kezdete óta használják transzformátorokban és kondenzátorokban. Transzformátortűzek alkalmával derült ki, hogy belőlük nagyon veszélyes PCDD-k és PCDF-k képződnek.

A poliklórozott dibenzo-dioxinoknak és dibenzo-furánoknak nincs gyakorlati felhasználása, sose gyártották őket közvetlenül, csak melléktermékként keletkeztek, és kerültek ki a környezetbe, pl. Vietnámban az amerikaiak által használt lombtalanító anyag, a hírhedt „agent orange” esetében. (Nevét a narancssárga hordókról kapta, amiben szállították.) Másik forrásuk az, hogy nagy termodinamikai stabilitásuk miatt könnyen képződnek klórtartalmú aromás vegyületek égetése során 500-800 °C-os tartományban. 1200 °C felett viszont már nem stabilak és elbomlanak. A PCDD-k közül a legveszélyesebb rákkeltő a 10. ábrán látható szimmetrikus, tetraklór származék.

Az utóbbi években hazánkban a környezetünket veszélyeztető klórtartalmú vegyületek elhelyezésének veszélyeit és ártalmatlanításának lehetőségeit Garé neve szimbolizálja. Ebben sajnos a szakmai problémákat politikai motívumok is bonyolítják, így ez a kérdés a magyar környezetvédelem „állatorvosi lovává” vált, ha szabad ezzel a képzavarral élni.

A Budapesti Vegyiművek 1987-ig évtizedeken keresztül gyártott fenoxi-ecetsav alapú

gyomirtót. A melléktermékként felszaporodó tetraklór-benzolt Baranyában helyezte el. 1979-ig a Garé község mellett hivatalosan létesített hulladéklerakóban acélhordókban 16 ezer tonna klórtartalmú anyagot helyeztek el. Miután kiderült, hogy lyukadnak a hordók, 1990-ben határozat született a tároló 2000 év végéig történő felszámolására [6]. A pályázat első győztese helyben épített volna biztonságos égetőt, a következő nyertes Dorogon tervezte, míg a jelenlegi külföldön, Ausztriában és Németországban égettet. A probléma a határidő lejártá után ugyan, de remélhetőleg lassan megoldódik.

Utószóként Benedek Pál akadémikus szava: it idézem magam és a kémiával foglalkozó kollegák biztatására: „Tisztelem és nagyra becsülöm mindazok igyekezetét, akik nem sajnálják idejüket és közösségi pénzeket sem arra fordítani, hogy a környezetvédelem jogi, szociológiai, egészségügyi, bel- és külpolitikai problémáit megoldják. De egészséges környezet nem lesz kémikusok hozzájárulása nélkül.”

Irodalom

- [1] Darvas Béla: Egy Nobel-díjas: a DDT, Élet és Tudomány, 1999, 1350, 1608. oldal.
- [2] Wolfner András: Újabb fordulat a DDT történetében, Természet Világa, 1996, 38. oldal.
- [3] M.J. Molina, F.S. Rowland, Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone, Nature, 249, 810 (1974)
- [4] B. Hileman: Meeting takes modest steps to protect ozone, Chemical and Engineering News, 1998, dec.21, 27. oldal
- [5] P.M. Midgley, Alternatives to CFCs and their behaviour in the atmosphere, in Volatile organic compounds in the atmosphere, Eds.: R.E. Hester, R.M. Harrison, Cambridge, 1995, 91-108. oldal.
- [6] Eifert Gyula, Házi Imre: Klórozott benzolszármazékokkal szennyezett talaj- és talajvíztisztítás lehetőségei, Magyar Kémikusok lapja, 52, 491 (1997)

Varga Attila

Vegyipar és társadalom*

A Magyar Vegyipari Szövetség MAGYAR VEGYIPAR című kiadványait tanulmányozva meglepve, de örömmel állapítottam meg, milyen sokszor esik szó ebben az *oktatóról*. Leszűrtem magamnak azt a következtetést, hogy a magyar vegyipari szakemberek a vegyiparunk jövője szempontjából – úgy vélem, helyesen – igen sokat várnak az oktatástól. A sorok közül az is kicsendül, hogy inkább a felsőoktatást, esetleg a középfokú oktatást tartják a megnyilatkozóak szem előtt a szakember-utánpótlás megoldása, javítása érdekében, s így, áttételesen a vegyipar bizonyos gondjainak megoldása tekintetében.

Mennyire igazuk van! – gondoltam, hiszen a kémia történetéből ismerjük Liebig óriási szerepét a német vegyipar megteremtésében, aki megszervezte a vegyipari *oktatást*, a korabeli *vegyészképzést*, ezzel oktató- és kutatónemzedéket teremtett. Liebig munkássága nyomán a gyakorlat és elmélet, az ipari és tudományos munka összekapcsolódott. De jó volna tudni, miért írta éppen Liebig 1839-ben Berzeliusnak: „*őszintén megvallva, utálom a vegytant...*”

Jóval korábról (17. sz. első fele) említhetjük Glauber német vegyész, aki autodidakta módon vált gyakorlati szakemberré, kit az első vegyész-mérnöknek és ipari kémikusnak nevez a tudománytörténet, de aki igen sokoldalú gyakorlati munkássága révén a kémia néhány igen fontos elméleti területén is sikert aratott (affinitás, savak-bázisok erőssége, sók összetétele). Glaubernak nem volt egyetemi végzettsége, de *valami* hajtotta a sikersorozat útján.

A fentebb említett kiadvány egyikében jó volt olvasni: „... a bizalommal még rendelkező *gyerekeket* kell megszólítani.” Én a *gyerekek*

megjelölést mindenekelőtt a 15 életév alatti korosztálynak szánom.

Igen. Úgy gondolom, hogy az 1979-től kisebb változtatásokkal 1998-ig érvényes általános iskolai kémia tanterv éppen ezt a korosztályt szólította meg kevésbé. Legalábbis e korosztálynak nem az egészséghez szólt, csupán csak egy rétegéhez. S mivel az oktatás éppen ehhez, nevezzük így: „tanulói elit”-réteghez igazodott, mondván, ez biztosan tovább tanul, ez valószínűleg mérnök, orvos, tanár vagy efféle lesz, ezzel „érdemes” foglalkozni. És a többi? Mi lesz a többi jó képességű vagy közepes, vagy a közepesnél is gyengébb tanulókkal, és e tanulókból a *vegyészet*hez *hogyan viszonyuló* felnőtt állampolgárok lesznek majd?

A 7. osztályos – kémiából „zsendülő” – állampolgár megkedveli-e a vegyészetet az alábbi fogalmakból indulva: „többkomponensű anyagok”, „atomtömeg”, „mol”, „atomtörzs”, „vegyértékelektronok”, „elektronszerkezet”, „ionkötés”, „töltésszám”, „kovalens kötés”, „atomkristály”, „kötő- és nemkötő elektronok”, „a kovalens kötés polaritása”, „dipólus-molekulák”, „elektrolitos disszociáció”, „redoxireakciók” stb? (Az 1979-es tanterv 7. osztályra érvényes, 1981-ben kiadott változatából idéztem.) Azok az állampolgárok, akik ebből a tantervből tanultak, most, mint állampolgárok a „harmincasok” között számláltnak. Valószínűleg már családot is alapított, érett nők és férfiak, akiknek szeretni kellene a vegyészetet a vegyiparával együtt. Vajon ők hibáztathatók-e azért, ha esetleg nem szeretik?

Vajon a többségük tudja-e, mi az, hogy „környezetbarát anyag”, „környezetidegen anyag”,

*Megjelent a Magyar Vegyipar című folyóiratban. Várady Judit főszerkesztő szíves hozzájárulásával mi is közöljük ezt a gondolatébresztő írást.

„ózon”, „freon”? Hogy fertőtleníti a „hypo”, miért tisztít a háztartási „sósav”, kémiailag mi az a mindennap használatos „akkusav”, mitől savas a „savas eső”, miért mérgező a hagyományos „fogtömés”, hogy véd a közönséges gázlárca, miért tűzveszélyes a vasbeton épületben is a lakás? Esetleg, ha jó tanuló volt kémiából, vagy kémiai versenyekre készült, azt megmagyarázza, hogy az anyagok égése miért „redoxireakció”. Még talán a definíciót is tudja.

Vajon kellően tájékozott-e a tanulói (netán a felnőtt) társadalom arról, hogy a Földön futkározó több milliárd autó sokkal több kárt tesz az emberiségnek, mint az egész vegyipar együttevége. Már maga a baleseti statisztika is alátámasztja ezt. (Nemrég hangzott el az egyik tv-csatornán, hogy autóbalesetben naponta annyi ember hal meg a világon, mintha naponta lezuhanna 7 nagy utasszállító repülőgép.) De milyen káros vegyi szennyezést okoznak ezek a járművek a „kiakadt” szén-dioxiddal, szén-monoxiddal? A rengeteg nitrogén-oxiddal és az utak környezetében széthulló fémszennyezésekkel? A sok működő autó együtt nem veszélyes vegyi üzem? Az emberek egyáltalán nem tartják annak, s e magatartásnak biztosan kényelmi okai is vannak. A tanulóifjúságot tisztességesen ki kellene képezni az autók okozta környezeti károk ismeretére.

Sajnos kémiaoktatásunk alsó fokon még most is „vegyszer”-centrikus. Minden vegyszer, ami a kémiában van. Márpedig e szóhoz csak rossz jelzők tapadnak: mérgező, bűdös, rákkeltő, maró, fojtó stb. Jó lenne többször használni a „háztartási anyag”, „kozmetikai anyag”, „vegyszer”, „ipari termék” kifejezéseket, legalábbis ott, ahová ez való.

A régi (1979-es) kémia tanterv és módosított változata legnagyobb riasztó hatását a tanulóifjúságra az erős *szervezetelméleti* beállítottságával érte el. Ez a tudományos szerkezeti felépítettség megközelítő, mindenképpen az „okkal” kezdő (már az elején az okot kereső), erősen *deduktív* megismerési utat követő tárgyalásmód semmiképpen sem volt jó az általános iskolai korosztálynak, ugyanis nem felelt meg életkori, pszichikai sajátágaiknak. Ezzel

nem lehetett *motiválni* ezt a korosztályt a kémia megkedvelésére.

Szerintem az alsó fokú kémiaoktatásban volt egy másik probléma is, mely már a tanárok oldaláról értékelhető. Oktató-nevelő munkánk erősen az *oktatásra* koncentrált. Rengeteg elméleti ismeretanyagot zúdítottunk a tanulókra, s a tanulóink „a fától nem látták az erdőt”. Nem látták, mert már nem maradt idő megláttatni. Több gyakorlóórára lett volna szükség. Az órákon éppen a *gyakorlati, vegyipari* vonatkozások és a *környezeti nevelési* vonatkozások maradtak el. Ez a témakör minden anyagismereti órán részben az anyag *felhasználása, jelentősége* című didaktikai feladatot jelenti. Ezek általában az óra utolsó szakaszára voltak betervezve (a tankönyvek is ezt sugallták), aztán vagy elmaradtak, vagy nem, esetleg el lettek nagyolva. Viszont az anyagok *előfordulása, előállítása* (ipari és laboratóriumi) viszonylag elfogadhatóan jó hangsúlyt kapott a korábbi tanításainkban is, mivel ez még „belefért” a tanórába. Az órák didaktikai felépítését azonban a *szervezetelmélet* uralta, rendszerint ezzel is kezdődött az anyag tárgyalása. (Atomszerkezeti, molekulaszerkezeti, halmazszerkezeti ismeretekkel.)

Meg kell jegyeznem, biztosan voltak régebben is olyan kémia tanárok, akik nem követték az akkori tanterv és tankönyvek sugallatait, hanem „renitensként” eltértek attól. Most már mondhatjuk, jól tették. Az 1980-as évek közepétől a szaktanácsadók is sugallták az eltérést, főleg az ismeretek mennyiségi csökkentését javasolták, főként az ún. kiegészítő anyagok elhagyását. Ezzel viszont lehet, hogy „a gyereket öntöttük ki a vízzel”, mert sokszor ezek az olvasmányos részek voltak, vagy lettek volna motiváló hatásúak, vagy gyakorlati jellegűek.

Az eddig leírtak a múltat érintették, úgy helyes a kép, ha a jövőről, a várható változásokról is írok. A Nemzeti alaptantervet (NAT) 1995-ben elfogadták, követelményrendszerének bevezetésére 1998-ban került sor. Közben megszületett az újabb tanterv, az ún. kerettanterv, mely az alaptanterv és a helyi tantervek szabályozási szintjei közé, mint köztes szabályozási szint illeszkedik. Tehát a NAT általános és

közös elveit meghagyva azokat a konkrét tartalmi követelményeket rögzíti, amelyeknek be kell épülniük a helyi tantervekbe. A NAT az integrált pedagógiai gondolkodás erősítését szolgálja, a kerettanterv a konkrét tantárgyi (így pl. kémiai) célokat, feladatokat, követelményeket, óraszámokat rögzíti.

A kerettanterv a célok, feladatok megfogalmazásában megcélozza a kémia oktatás-nevelés korábban leírt problémáinak kiküszöbölését. Idézek a tantervből: „... a kémia tanulásának hozzá kell járulnia a tanulók környezettudatos magatartásának kialakításához, életmódjuk fejlesztéséhez is.” „Közelebb kell vinni a kémiát a diákok hétköznapijaihoz.” A kerettanterv előírja a háztartásban használt vegyi anyagok szerepének, veszélyeinek, környezetkímélő használatának megismertetését.

Az alábbi mondatok a kerettantervben félreérthetetlenül kiemelik a kémia gyakorlati oldalának erősítését: „A kísérletek szerepe kiemelkedő a kémia tanításában.” Továbbá: „Nincs a közoktatásban még egy tárgy, amely annyi lehetőséget adna a tanulókísérletekre, mint a kémia.” A vegyipari képzés alapozásához jó előjelnek vehető, hogy a kerettanterv az általános fejlesztési követelményekben több helyen emlegeti a megfigyeléssel, méréssel szerezhető információk fontosságát, sőt ezek alapján ábrázolások végzését, táblázatok készítését, összefüggések megláttatását. *Technikai alkalmazások* mozzanatainak értelmezésére, magyarázatára is felhívja a figyelmet, sőt *tágabb környezetükben* szerezhető tapasztalataik feldolgozásáról is szól. (Burkoltan ugyan, de ebben az üzemek, laboratóriumok látogatása is benne van.)

A tartalmak részletezésénél 8. osztályban találkozunk a szervesetlen anyagok előfordulásának, jelentőségének tárgyalásával, mely feladat szintén kapcsolható az ipari tevékenység pozitív szerepének kiemeléséhez. Konkrét ipari előállítást viszont csak az alumíniummal és a vassal kapcsolatban ír elő, továbbá a kalcium-oxid, a kalcium-hidroxid és a szén-dioxid előállításával foglalkozik még a tanterv. Úgy gondolom, hogy csak a megemlítés szintjén több más fontos anyagnál is foglalkozhatnánk az ipari előállítással

találással (pl. így: a klórgázt az iparban a NaCl-ból állítják elő elektromos árammal).

Az alábbi témakörök kapcsolódnak még az iparhoz (részben a vegyiparhoz) oly módon, hogy azok *termékeinek* hasznosságát, fontosságát ki tudjuk emelni: tisztítószerek, italaink, csomagolóanyagok, építőanyagok, tápanyagok. Az *energiagazdálkodás* szintén jó kapcsolódási pont lehet az ipari tevékenységhez.

A fentebb felsoroltakból leszűrhető, hogy bőven vannak olyan ismeretek, ismeretcsoporthoz, melyek alapozhatják azokat a későbbi tanulmányokat, melyek a végén ipari szakemberek kiképzéséhez vezetnek. A feltételes módon azonban jogos, mert legtöbb esetben eléggé közvetett módon nyilvánul meg ez a feladat. Ha a tanár is úgy akarja, elég sok lehetőség van a vegyipari képzés alapozását segítő tevékenységre, didaktikai feladatra. A *vegyiparra* határozottan, konkrétan irányuló tantervi feladat nincs megfogalmazva.

A kémia képzési ideje csökkent, mert a kerettanterv szerint már a 8. osztályban is csak 1,5 óra lehet a kémia, a korábbi 2 órával szemben. A továbbiakban is nagyjából ugyanolyan mennyiségű ismeretanyagból választhat a kémiatanár, mint korábban. Félő, hogy a lecsökkent idő a pedagógusok egy részét arra készteti, hogy a gyakorlati vonatkozásokat elnagyolja vagy elhagyja, hiszen mi, kémiatanárok bizonyára a korábbi évtizedek elméletesedett szemléletének hatása alatt állunk. Talán mégis léphetünk előre. Különösen akkor, ha a *vegyészet pozitív eredményeit*, melyek mindennapi életünket gazdagítják, a kémiaórákon nem felejtjük el ismertetni. Mindig, amikor csak lehet. Az anyagismereti órák mindig ilyenek lehetnek.

A legújabb tanterv a fő célokat, feladatokat jól jelölte meg. Szerintem tanítási terveink, főleg tanmenetünk figyelmes, körültekintő összeállításán sok múlik. A javasolt tartalmak között válogatni, hangsúlyozni kell. A kémiai közoktatás legfőbb céljaként a *kémia megszerettetését* kell kitűznünk. Hogy a társadalom leendő felnőtt tagjai szeretni fogják-e a kémiát – szerintem – nagyrészt már 7. osztályban eldől.

Dr. Szalay Tibor

Mindennapi kémia 2. Az ólom- vagy savas akkumulátor és „téli” betegségei

Az ólom- vagy savas akkumulátor évtizedek óta használt és a legáltalánosabban elterjedt, ezért közismert, szekunder galvánelem, minthogy pl. a gépkocsikban a legnagyobb mennyiségben használt (darabszámban már közel sem, de tömegében biztosan¹), és működés közben folyamatosan megújított, **elektromos áramforrás.**

Az sem kétséges, hogy a huszadik század második felében a gépkocsik világszerte és sokféle okból², (költségességük, környezetszennyező, sok-sok áldozatot szedő mivoltuk ellenére is!) a legelterjedtebb közlekedési eszközökké váltak. A kamionforgalom kérdésessé tette a vasúti szállítást gazdaságosságát, és arányaikban folyamatosan vissza is szorította. A legolcsóbb fuvarozási mód, a vízi szállítás hazánkban, nemzetközi összehasonlításban nézve szinte egyedülállóan, fejlődésében visszaesett, csaknem jelentéktelen [2, 3]. Sokkal nagyobb figyelmet érdemelne!

Ismert mondás, hogy **a gépkocsik szíve az akkumulátor**, aminek igazát, különösen téli időszakokban, sokan megtapasztalhatták már, de ha nem, akkor bizonyára fogják még. Miért? Erre a kérdésre törekszünk tömören válaszolni

annak érdekében, hogy megelőzzük az akkumulátorok „megfázását”, vagyis a többnyire csak télen jelentkező problémáit, „betegségeit” elkerüljük, vagy még általánosabban, hogy *használatuk közben minél kevesebb bosszúságunk legyen.*

A kémiai és az elektromos energia kölcsönös átalakulása

Órábbi közleményekben is foglalkoztunk már az elektrokémiai reakciókban kulcsszerepet játszó elektronokkal, mint különleges reagensekkel [4], illetve a kémiai energia elektromos energiává történő átalakulásával. Miközben röviden kitértünk az ólomakkumulátorra is [5].

Itt ismételtén érdemes hangsúlyozni, hogy az elektrokémiai reakciónak az a különlegessége, hogy az elektromos áramot termelő ún. cellareakció, a térben elkülönítve, két önálló elektród-folyamatban megy végbe: az anódon az elektronleadás vagy oxidáció, a katódon pedig az elektronfelvétel vagy redukció következik be.

Jól ismert az is, hogy a kémiai és az elektromos energia átalakulásának vagy átalakításának 3 esetét különböztethetjük meg:

¹ Jóllehet, darabszámban biztosan a miniakkumulátorok vagy gomelemek vezetnek, amelyek a huszadik század utolsó évtizedeiben robbanásszerűen és tömegesen elterjedt, különféle hordozható („miniaturizált”) elektronikus eszközök (kvarcórák, zsebrádiók, majd pedig a zsebszámológépek, magnetonok, CD-lejátszók stb.), folyamatos üzemből tartásához váltak nélkülözhetetlenekké. Jelentőségükben és értékükben (hasznukban!) azonban még ezeket is meghaladják a különféle célból, tartalék áramforrásként használt különféle galvánelemek, amelyeket pl. asztali számítógépekhez használnak. [1].

² Az okok közül érdemes egyet, a szabadság érzetét kiemelni, ami aligha nem az egyik legemberibb, és talán ezért is a legkevésbé értelmezhető tulajdonság, mintegy ösztönzerű vágy vagy jellemvonás.

- a galvánelektrocellákban -igen jó hatásfokkal!/- alakítunk át kémiai energiát elektromos energiává,
- az elektrolizáló cellákban elektromos energia befektetése árán nyerünk jobb vagy értéke-
sebb anyagot és
- a szerkezeti anyagok elektrokémiai korróziójá-
ban (az ún. helyi elemek vagy mikrogalván-
elemek sokasága révén, illetve esetenként
nagyobb méretetekben, vagyis makrogalván-
elemekben³ /is/), a káros anyagátalakulás köz-
ben keletkező elektromos energia disszipá-
lódik, vagyis kárba megy.

Az ólomakkumulátor felépítése és működése

A bevezetésben utaltam már arra, hogy az ólomakkumulátor széleskörűen ismert, pontosabban csak közismert, mert használata általánosan elterjedt, elsősorban mint a gépkocsi beindításához és biztonságos működéséhez szükséges kellék, *nélkülözhetetlen tartozék*. Ha a gépkocsi használatának ezt a fontos részterületét valamennyire is meg akarjuk érteni, akkor elengedhetetlen, hogy legalább utaljunk az akkumulátor párjának, a *generátornak* mint áram-

fejlesztőnek a rendeltetésére is. Mivel **az ólom-vagy savas akkumulátor szekunder üzem-módban működő galvánelem**, ezért csak akkor használható, ha állandóan gondoskodunk az elektromos töltöttségéről, illetve töltéséről⁴. Erre szolgál az autómotorral hajtott és jól szabályozható áramfejlesztő. **Az optimálisan működő generátortól ugyanis elvárható, hogy kellő szinten tartsa a cellafeszültséget, vagyis sem alul, sem túl nem tölti az akkumulátort.** (Ismertebben: nem „merül le”, nem sülhet ki végtelenen az akkumulátor, de nem is „forr fel” benne a kénsav).

A mindennapi életben nem a galvánelemként, hanem az *elektrolizáló cellaként* felírt (1) celladiagram szerint önkényesen nevezik a gépkocsikhoz használt ólomakkumulátorban mindig katódnak a másodfajú elektródok⁵ közé tartozó ólom-ólomszulfát-elektrodát, és az ólom(II)/ólom(IV)- redoxi elektródot pedig anódnak. Ellentétben azzal a megállapodással, amely szerint az oxidáció helye mindig az anód, a redukció pedig a katód, de előjelük ellentétesen megváltozik attól függően, hogy a cellát áramtermelésre vagy elektrolízisre (elektromos feltöltésre) használjuk. {L. az áramtermelő

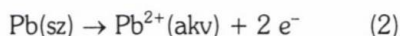
³ A fémek „kémiai” korróziójában, pl. a cink sósavas oldódásakor: (a fémcink felületén) a hidrogénionok (H^+) közvetlenül a cinkion (Zn^{++}) oldatba-menetele (=oxidációja) helyén redukálódnak hidrogénatomokká, majd egyesülnek hidrogénmolekulává és válnak gázbuborékká. Az elektrokémiai mikroelemben az elektronleadás és felvétel egymástól néhány tízed nanométer (10^{-9} m) távolságban „elválasztva”, tehát térben elkülönülve megy végbe. A makrocellás elektrokémiai korrózió viszonylag kisméretű anódon (anódok összességén) és nagyméretű katódon (nagy felületen, katódként viselkedő helyeken, együttesen) úgy következik be, hogy a felszabaduló elektronok a fémfázisban (a „belső áramkörben”) jutnak el a katódos helyekre. A folyamat beindulásához és tartóssá válásához (majd felgyorsulásához) a folyadékfázisnak elektrolitként kell viselkednie, azaz a „külső áramkört” ionoknak kell zárnunk. A nagyméretű tárgyak esetében a korrózió általában makrocellás mechanizmussal következik be. Pl. vasbeton szerkezetek esetében: az acélbetétek (esetleg csak egy szál) kisebb része anódként, nagyobbika pedig katódként viselkedik, vagy vízi járművek esetében, pl. egy hajó külső burkolatát képező acéllemezen azért lép fel az ún. „vízvonali-korrózió”, mert a három (vas/víz/levegő) fázis érintkezési vonalán katódként viselkedik az acél (az oxigénmolekulák redukálódnak: $2H_2O + O_2 + 4e^- = 4OH^-$), alatta az oxigénszegény sáuban pedig anódként, vagyis itt oxidálódnak a vasatomok és képződnek a Fe^{2+} , majd ezekből újabb oxidációval a Fe^{3+} -ionok, amelyekből végül is „rozsdá” (= $Fe_3O_4 \cdot xH_2O$) keletkezik [6, 7].

⁴ Az ólomakkumulátor elektrolitja olyan kénsav-oldat, amelynek elektromos vezetése közel maximális. (Ez a kb. 30 tömeg %-os kénsavoldatnak felel meg. Az elektromos töltöttséget sűrűségméréssel könnyű ellenőrizni. Az 1,15 és 1,26 g/cm³ sűrűség tartomány az elfogadott, ami 22 és 35 % koncentrációtartománynak felel meg. A mérésre szolgáló eszköz az areométer. Ennek szintjelző vonala az elektromosan nem kellően töltött akkumulátor folyadékának a szintje alá kerül, vagyis a gömböcske, illetve részben a szár „lemerül”. Értelmszerűen az akkumulátornak kénsavoldattal történő feltöltése tehát csak nyelvi nem különbözik!

⁵ Az elsőfajú elektródok (pl. az ezüst-nitrát-oldatba merülő fémezüst, röviden: Ag/Ag^+) potenciálját saját ionjuk aktivitása határozzák meg, a másodfajúakét pedig a fémfázis kevésbé oldódó sója anionjé, itt tehát az ólom-szulfát szulfátionjainak az aktivitása, jó közelítéssel pedig a koncentrációja.

elektrodfolyamatok (2) -(5) reakcióegyenletei.}
 (-)Pb/PbSO₄(sz)/PbSO₄(akv)/H₂SO₄ (kb. 30%)/
 PbSO₄(akv)/PbO₂/Pb (+) (1)

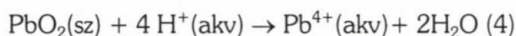
A leírtak szerint tehát az (1) sémával ellentétben, vagyis **kisütéskor** a galvánelem másodfajú elektrodján oldatba megy, vagyis oxidálódik az ólom, ezért ekkor működik anódként (és a hátrahagyott elektronok miatt, a feltüntetésnek megfelelően, valóban negatív töltésű is lesz):



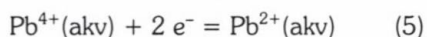
és a kénsav szulfátiójával reakcióba lép:



Következésképpen a cellatérben csökken a szulfátió-koncentráció, miközben protonok (H⁺) szabadulnak fel, vagyis itt fölöslegbe kerülnek, folyamatosan átdiffundálnak a cella másik térrészébe, ahol a *redoxi-elektrodon*, mint *katód*on a (4) reakcióban folyamatosan felhasználódnak, azaz *redukálják az ólom(IV)-ionokat* (és az elhasználandó elektronok hiánya miatt pozitívva válik, ahogyan ez a sémában fel van tüntetve):



A fogyasztón át (az áramkör külső részében) az elektronok az (5) reakcióban redukálják az Pb(IV)-ionokat:



amelyekből a (3) egyenletnek megfelelően szintén szilárd ólom-szulfát válik le. Következésképpen a kicsapódó szulfátiók miatt egyrészt itt is csökken a szulfátió-koncentráció, másrészt a szabadon maradékkal együtt az ide átdiffundálódó hidrogénionok a (4) reakcióegyenlet szerint elfognak, tehát az *elektroneutralitás elve nem sérül*. Összességében tehát *kisütés köz-*

ben a kénsav koncentrációja folyamatosan csökken, miközben mindkét elektródon szilárd (amorf, pontosabban aprókristályos) ólom-szulfát képződik. (A keletkező szilárd ólom-szulfát kellő mértékű feltapadásáról, illetve megkötődéséről, leállásának vagy „porlódása” megakadályozásának az elérése érdekében kidolgozott technikai megoldással gondoskodnak, hogy az elektródlemezek között az elektrolit lehetőleg és sokáig „tisztá folyadék” maradjon. Néhány év vagy nem megfelelő bánásmód, netán eleve hibás cella esetében, már korábban is, az ólom-szulfát-por a lemezeket elektromosan rövidre zárhatja. Ezt a jelenséget *belső rövidzárnak* nevezzük. Az akkumulátor végül is felmondja a szolgálatot⁶, feltölthetetlenné válik.)

A galváncella standard elektromotoros ereje (E°) a redoxi elektród katód és a másodfajú elektród, mint anód standardpotenciáljából a (6) egyenlet szerint kiszámítható:

$$E^\circ = 1,685 - (-0,355) = 2,04 \text{ V} \quad (6)$$

ami azt jelenti, hogy az ólomakkumulátor egy-egy cellája durván 2 volt feszültséget szolgáltat, és attól függően, hogy a gépkocsit 6 vagy 12 V-os rendszerben működtetik, 3 vagy 6 cellát építenek be egy-egy telepbe, és pedig sorba kötve vagy kapcsolva.

Ha ismerjük az áramtermelő cellareakció standard szabadentalpia-változását (ΔG°) és standard entalpiaváltozását (ΔH°), akkor az energiaátalakítás hatásfoka (η) elvileg könnyen kiszámítható [5]. (A szekunder galvánelemeknél azonban gyakorlatiasabb a töltésre használt és a kisütéskor nyert elektromos energia mennyiségének az összevetése, de ennek tárgyalása meghaladja a rendelkezésre álló, vagyis a mértékartó, szokásos terjedelmet, l. pl.: [8].)

⁶ A gyakorlati áramforrások mindegyike, de mint már hangsúlyoztuk, méreténél és tömegénél fogva, különösen az ólomakkumulátorok jelenthetnek komoly környezetvédelmi problémát. Ezért mindannyiunk érdeke, hogy ezek megfelelő módon, másodlagos nyersanyagforrásként visszakerüljenek a gyártásba. Ez megfelelő hozzáértéssel és szakszerűséggel a környezet károsodása nélkül megoldható. Ez elhatározás és felelős döntés kérdése. Ezért is érthetetlen, hogy hozzá nem értő emberek, valamilyen sajátos érdekből, a jól bevált technológiával végzett visszaforgatást sorra megakadályozzák, a felelőtlenül, tudatosan félretájékoztatót és felbőszített tömeg mozgósításával. Mennyiben jobb, hogy a kidobott akkumulátorok és elemek, úton-útfélen, valóban ártalmas hulladékként károsítják környezetünket, vagy jó esetben is „kommunális” szemétként gyűjtik össze őket? És aztán mi lesz velük?

Az ólomakkumulátor ismert problémái

1. Az önkisülés: az előzőekben vázolt áramtermelő folyamatok kis mértékben akkor is végbemennek, ha nem használjuk az akkumulátort. (Ha pl. tartósan leállítjuk a gépkocsit, akkor a generátor természetesen nem tölt.) Ez a magyarázata annak, hogy *néhány hetes állás után gondoskodni kell az elektromos feltöltésről*,⁷ de nem árt a folyadékszintet sem ellenőrizni. Ez utóbbit különösen nyári vagy általában a folyamatos használat időszakaiban rendszeresen meg kell tenni. A feltöltést desztillált, vagy ionmentesített vízzel végezzük. A cellánként 1,8 V feszültség alá merült akkumulátort már nehéz, illetve gyakorlatilag már nem is lehet tartósan üzemképes állapotba hozni.

2. Intenzív használat közben az elektródfolyamatokat fenntartó ionok koncentrációja, itt konkrétan a *kénsavoldaté, az elektródlemezek közvetlen környezetében jelentősen lecsökken*, ezért pl. többszöri önindítózás után (l. téli időszak) az egyébként is (ilyenkor) már általában gyenge, az említett 1,8 V feszültséghatár közelében lévő, már csak kis teljesítményre képes „akku” könnyen felmondhatja a szolgálatot.

Téli időszakban két okból is romolhat az akkumulátorok teljesítménye: egyrészt ha ritkábban és nem hosszú időtartamokig használjuk a kocsikat, akkor nem töltődhetnek kellően fel, másrészt (különösen „csillaggarázsban”) az elektrolit hőmérséklete annyira lecsökken, hogy a kénsav (bár nem fagy meg, de) elektromos vezetése annyira lecsökken, hogy a koncentráció-kiegyenlítőds (az ionok diffúziója) nagyon lelassul.

3. Kevésbé ismert, hogy a mindkét elektród fémkivezetése, az ólom (mint a nem nemesfémek felülete általában) a *levegőn oxidálódik*. (Ebből a szempontból is veszélyt jelent, hogy

a nem jól tisztán tartott, vagy nem rendszeresen ellenőrzött akkumulátor kivezetéseit tartósan elszennyezheti és károsíthatja a kifröccsenő kénsav.) Márpedig az *ólom-oxid (PbO) elektromosan félvezető*, ami azt jelenti, hogy elektromos vezetése a hőmérséklet csökkenésével exponenciálisan (nagyon gyorsan) csökken, illetve ellenállása megnövekszik, és a rajta áthaladó áram intenzitása a lehűléssel arányosan drasztikusan lecsökken.

4. Minél idősebb egy akkumulátor, annál inkább számolni kell azzal, hogy a kezdeti időszakban még zavartalan két ellentétes folyamat (mint láttuk: az ólom-szulfát töltéskor oldatba megy, kisütéskor pedig kicsapódik) idővel akadályokba ütközik. Azt mondjuk: *az elektródok ólom-szulfátja megöregszik*, vagyis nem kívánatos módon átalakul, pl. nagykristályossá válik, vagy az elektródlemezekre már nem kellően tapad fel és leporlik, ezáltal előidézi a már érintett belső zárlatot. A kereskedelemben forgalmazott ún. akuvitot ennek visszaszorítására találták fel.

Az elektromos meghajtású és az ún. hibrid gépkocsik

Terjedelmi okból csak utalni tudunk arra, hogy világszerte igen intenzíven és nagyon sokan dolgoznak azon, hogy az erősen kifogyóban lévő és pazarlóan használt kőolajra és földgázra alapozott üzemmódú gépkocsikat a sokkal jobb energiahasznosítási hatásfokkal járó és a környezetet (közvetlenül) nem szennyező elektromos meghajtással cseréljék fel.

Tömegüknél fogva azonban számításba sem jöhetnek az itt tárgyalt ólomakkumulátorok, ezért is kerültek az érdeklődés középpontjába, az utóbbi évtizedekben, a *tüzelőanyag-cellák* [5]. Elsősorban gazdaságossági okokból – egyelőre – *kedvezőbbnek tartják a kettős meghajtású ún. hibrid gépkocsikat*, amelyek úgy le-

⁷ Az akkumulátor töltését jól szellőző helyiségben végezzük, mert a „vízbomlás” miatt bekövetkező (a töltés befejezettségét jelző, sőt ha ez a jelenség nagyon hamar lép fel, vagyis a gáztól korán kezdene pezsegni az elektrolit, akkor ez már az akkumulátor roszságára is utal) hidrogéngáz felszabadulás következtében durranógáz képződhet!

hetnek üzembiztosak, hogy hagyományos üzemanyagokkal vagy elektromos energiával felváltva egyaránt működtethetők.

Összefoglalás

Tikkorozatunk 2. tagjában megkíséreltük összefoglalni a közismert, *ólom-vagy savas akkumulátorral kapcsolatos legfontosabb ismereteket*. Tettük ezt abban a reményben, hogy a kémia egy sajátos területének, **az elektrokémiának a jelentőségét és sokrétű hasznát, ennek az igazán jó példának a segítségével, megvilágítsuk és bemutassuk.**

A huszadik századot sok mindennel szokás jelképezni, de aligha nem a gépkocsi az, ami az utóbbi évtizedekben döntő és meghatározó tényezővé alakult, vagyis uralkodóvá vált: a *társadalom meghatározó ereje lett*. (Napjainkra komoly versenytársra nőtt fel a számítástechnika és az informatika együtt, de akkumulátorok nélkül ezeknek az eszközei is könnyen lebénulnának!)

Az autóipar tehát a gazdasági életben fontos, előrevívó szerepet tölt be, motorként működik. Ne feledjük, hogy a gépkocsik tömeges elterjedésében nem kis szerepe volt az ólomakkumulátornak, mint tartósan és megbízhatóan működő eszköznek. Egy ismert és találó mondas szerint az akkumulátor annyira nélkülöz-

hetetlen része a gépkocsinak, mint az embernek a szíve. E szív állapotának a megőrzésében bizonyára jó szolgálatot tehet ez a kis áttekintés.

Irodalom

- [1] Ebert H.: Elektrokémia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974. (112. oldaltól)
- [2] Korompai G.: Az Alföld vízi útjai. Alföldi tanulmányok, XI. kötet. (MTA Regionális Kutatások Központja, Alföldi Kutatócsoport), Békéscsaba, 1987. pp. 163187.
- [3] Korompai G.: A vízi szállítás fejlesztése. Hidrológiai Közöny, 79 (3), 189 (1999)
- [4] Szalay T.: Érdekeségek a kémia történetéből II. A különleges reagens, az elektron. A Kém. Tan. VIII (4), 9 (2000)
- [5] Szalay T.: Érdekeségek a kémia történetéből IV. Az első tüzelőanyag-cella, a durranógáz-elem. A Kém. Tan. X. (1), 19 (2002)
- [6] Szalay T., Tóth Á.: A korrózió folyamatának értelmezése az Evans-féle levegőztetési galván-elem segítségével. A Kém. Tan. VI (4), 125 (1967)
- [7] Szalay T.: A fémek korróziója és annak gátlása. Ibid.: XXV (1), 5 (1986)
- [8] Erdey-Grúz T., Proszt J.: Fizikai kémiai praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest, 1952. 275. oldal

XX. Kémia tanári Konferencia Eger,
2002. augusztus 21-24.

Magyar Kémikusok Egyesülete
1027. Budapest Fő u. 68.

2. sz. Körlevél

Kedves Kémia tanár Kollégák!

A soron következő kémia tanári konferenciánkat „ALKALMAZOTT ÉS KÍSÉRLETEZŐ KÉMIA A TANÍTÁSBAN” címmel rendezi meg a Magyar Kémikusok Egyesülete Oktatási Bizottsága Egerben az Eszterházy Károly Főiskolán, 2002. augusztus 21 és 24 között. Az említett időszakban 30 órás akkreditált továbbképzés is elvégezhető. A jelentkezés utolsó határideje: **2002. május 15.** A jelentkezések regisztrálását, a befizetéseket a Magyar Kémikusok Egyesülete végzi Androsits Be-

áta (cím lásd fenn, androsits.mke@mtesz.hu) vezetésével. Az előadásokkal, gyakorlati foglalkozásokkal, posztterekkel kapcsolatos szervezést Kovácsné Csányi Csilla az Oktatási Bizottság titkára (Fővárosi Pedagógiai Intézet Budapest 1088. Vas u. 10. csanyi@fovpi.hu tel.:338 21 561111) vállalta. Lehetőség van még további posztterek bejelentésére.

Visszaküldendő:

Magyar Kémikusok Egyesülete

1027. Budapest Fő u. 68.

Határidő: 2002. május 15.

Végleges jelentkezési lap és költségvállalás

Jelentkezem a Kémiantanárok Nyári Országos Továbbképzésére.				
Név:				
Levelezési cím:				
Munkahely neve:				
Tel., e-mail				
Kérjük aláhúzni a megfelelőt!	Tanúsítványt kívánok szerezni		Tanúsítványt nem igényelek	
Leánykori név*:				
Édesanya neve*:				
Születési hely, idő*:				
* Csak tanúsítványigény esetén kell kitölteni!				
KÖLTSÉGEK:				
a) 2-4 ágyas szobák közös zuhanyzóval az Eszterházy Károly Főiskola kollégiumában 1500 Ft/fő/éj				
b) 2 ágyas, zuhanyzós szobák az Eszterházy Károly Főiskola kollégiumában 2800 Ft/fő/éj				
c) 2 ágyas, zuhanyzós szobák az Egri Hittudományi Főiskola Szent János Továbbképző Központjában 2200-2400 Ft/fő/éj				
Igényeim a szállással kapcsolatban. Az igénytípust kérjük bekarikázni. Kérjük a várható összeg feltüntetését.				
A konferencia részvételi díja:				30 000 Ft
Szállás:	Szállás:	Szállás:	Szállás:	
augusztus 20.	augusztus 21.	augusztus 22.	augusztus 23.	
A kirándulások közül az egerszalóki mézskiválás (sorszáma:7) megtekintése 45 fő jelentkező esetén 1500 Ft/fő.				
A híres borásznál (sorszáma:1-5) lehet bort vásárolni.				
Az egri vár (sorszáma:8) látogatása pedagógusigazolvánnyal és a dohánygyár megtekintése (sorszáma:6) ingyenes.				
A választott kirándulás sorszáma: ☐				
Költségeim összesen:				

Kérjük aláhúzni a megfelelőt!

A konferenciára költségeimet nevű,
..... című iskola/intézet fedezi.

Költségeimet önállóan fedezem.

Dátum:

A résztvevő aláírása

A költséget fedező aláírása, (pecsétje)

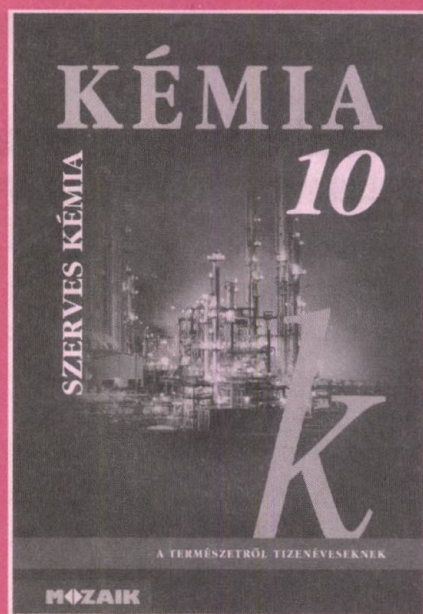
A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

A NÉPSZERŰ SOROZAT 2001-TŐL MÁR A KERETTANTERV SZERINT

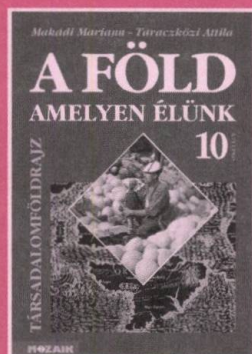
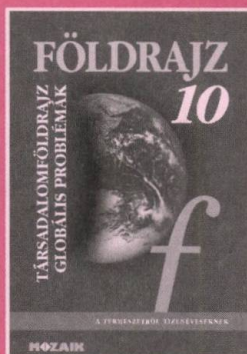
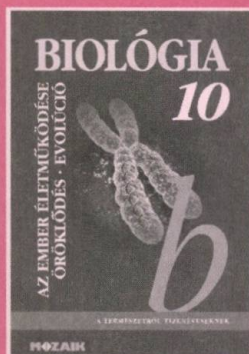
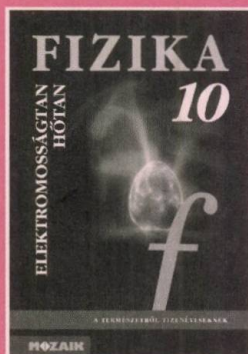
Hamarossan megjelennek
a tankönyvcsalád 6. és 10. osztályos
kerettantervi kötetei: a Természetismeret 6.,
Földrajz 10., Fizika 10., Kémia 10.
és a Biológia 10. tankönyvek.

A sorozat további tagjait a kerettanterv
bevezetésével párhuzamosan dolgozzuk át.

Az általános iskolai tankönyvekhez
munkafüzetek és tudásszintmérő feladatlapok
kapcsolódnak. A kerettantervhez igazodó
9. osztályos könyvek 2001-ben elnyerték
a Húndidac Oktatási, oktatástechnikai és
Képzési Kiállítás Arany Díját.



KERETTANTERVHEZ IGAZODÓ 10. OSZTÁLYOS KÖTETEK



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

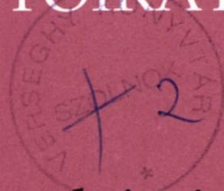
E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu



Mérföldkövek a kémia
történetében

(Dr. Hannus István)

Ólom a környezetben

(Serfőző Éva)

Mindennapi kémia III.

(Dr. Szalay Tibor)

A kémiaoktatás lépései
a minősegbiztosítás felé

(Baloghné Vámos Mária – Dániel Péterné – Tóth Albertné)

X. ÉVFOLYAM 2002

4

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó Kft.

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1100 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Mérföldkövek a kémia történetében

Dr. Hannus István, Szegedi Tudományegyetem

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

Ólom a környezetben

Serfőző Éva gyógyszerár vezető, Pusztamérges

„...és bekené azt gyantával és szurokkal...” avagy a ragasztókról

Fésűs Bernadett általános iskolai tanár, Budapest

Mindennapi kémia 3.

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

A kémiaoktatás lépései a minőségbiztosítás felé

Baloghné Vámos Mária középiskolai tanár

Dániel Péterné igazgató

Tóth Albertné középiskolai tanár

Irinyi János Élelmiszeripari Középiskola

és Gimnázium, Debrecen

Az EFQM-modell bevezetésének hatása a debreceni Irinyi középiskolában folyó pedagógiai munkára

Dániel Péterné igazgató,

Irinyi János Élelmiszeripari Középiskola és Gimnázium

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Dr. Hannus István

Mérföldkövek a kémia történetében

Az Amerikai Kémikusok Egyesülete (American Chemical Society), a világ legnagyobb tudományos egyesülete, mintegy tíz évvel ezelőtt indította el a kémia népszerűsítése, a kémia eredményeinek minél szélesebb körben történő tudatosítása, mindennapi életünkben játszott szerepének megismeretése érdekében a címben jelzett programját. Főleg azért, hogy megmutassa a közvéleménynek, milyen fontos és közismert felfedezések származnak a kémiából, melyek jobba teszik életünket. Azóta kb. 50 helyszín, felfedezés, kiemelkedő teljesítmény kapta meg ezt a kitüntető címet, amit egy erre a célra létrehozott nemzetközi bizottság ítél oda. A díjazottak nagy része az Egyesült Államokban érte el eredményét, de jelöltek meg helyszíneket Angliában, Németországban és Franciaországban is.

Népszerűsítették a műanyagok felfedezésében úttörő szerepet játszó belga származású, az USA-ba áttelepült Leo Baekeland (1863-1944) munkásságát, aki 1908-ban dolgozott ki eljárást a később róla bakelitnek elnevezett fenol-formaldehid műgyanták gyors, üzemszerű, buborékmentes keményítésére, valamint a textilipart forradalmasító műszálak első előállítóját, Wallace Carothers-t (1896-1937), aki a Du Pont cégnél a nyilont előállító kuartócsoporthoz vezetett 1937-ben.

Az elsők között ismerték el az oxigén egyik felfedezőjének (1774), Joseph Priestley-nek (1733-1804) munkásságát. Az anglikán lelkész – politikai okokból ment az USA-ba – pennsylvaniai házáat és itt berendezett laboratóriumát

1994-ben, angliai házáat 2000-ben jelölték meg emléktáblával [1].

Az, hogy Magyarországon is van már ilyen emléktábla, nem kis részben az ACS (Amerikai Kémikusok Egyesülete) első magyar származású elnökének, Pavlath Attilának köszönhető. A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett diplomát és az 50-es évek elején a későbbi Nobel-díjas Oláh György munkatársa volt [2], majd '56 után került az USA-ba. A kémia népszerűsítésének elkötelezett híve, ezen munkálkodott elnöként is, és azóta is.

Első pillantásra talán meglepő, hogy az ACS és a MKE (Magyar Kémikusok Egyesülete) által közösen a szegedi Dóm téren, a Szervés Kémiai és Ovosi Kémiai Intézetek bejárata, Szent-Györgyi Albert volt munkahelyei mellett, a tudós mellszobra alatt elhelyezett és 2002. május 11-én felavatott két nyelvű bronz-tábla a biológiai oxidáció terén elért eredményt jelöli meg mérföldkönek. Ehhez nyilván hozzájárult Szent-Györgyi világszerte meglévő ismertsége és népszerűsége. A tizenkét magyar származású Nobel-díjas közül ő az egyetlen, aki magyar állampolgárként vette át a díjat. A természettudományok határainak átjárhatóságát (interdiszciplinaritást) is mutatja, hogy az orvos végzettségű, biokémikusként nyilvántartott Szent-Györgyi Albert munkásságát most kémiai mérföldkőként jelölték meg.

A Szent-Györgyi életének fontosabb állomásait bemutató táblázatból látszik, hogy az I. világháború alatti és utáni zaklatott időszakot követően Hollandiában, Leidenben, majd Gro-

ningenben folytatott sikeres kutatásokat a biológiai oxidáció témakörében. Ebben az időben a biokémia fő kérdése a H. Wieland és O. Warburg, valamint a követőik közötti vita volt.

Nomen est omen. H. Wieland úgy gondolta, hogy „a molekulák dehidrogéneződése a biológiai oxidáció alapja, és ezt követően az oxigén közvetlenül tud reagálni az aktív hidrogén atomokkal.” [3]. O. Warburg feltételezése pedig az volt, hogy a biológiai oxidáció főszereplője az aktivált oxigén. Szent-Györgyi Albert így idézte fel a történeteket: „Engem érdekelt ez az ellentmondás, és találtam egy nagyon egyszerű módszert, amivel megmutattam, hogy mindkét félnek igaza van, az aktív hidrogént az aktív oxigén oxidálja. Egy jó kis cikket írtam erről.” [3]. Ez az eredmény lett később a 20. századi kémia fejlődésének egyik mérföldköve.

Következő munkahelyén, Cambridge-ben, ahol szakmailag is otthonra lett, kémiából szerzett doktori címet. Még Groningenben kimutatta a mellékvese-kéregben egy erősen redukáló tulajdonságú, antioxidáns anyagot. Hasonló anyagot talált a citrom- és narancslében, sőt a savanyúkáposzta levében is. A kivont vegyületet megtisztítva végül 1 g kristályos anyaghoz jutott, ami szénhidrátnak, cukorszerű, savas anyagnak bizonyult, $C_6H_8O_6$ összetétellel. Abban az időben 1 g-nyi mennyiség kevés volt a teljes szerkezetmeghatározáshoz.

Szent-Györgyi Albert életének fontosabb állomásai

1893	Budapesten született
1911	orvosi tanulmányok Budapesten
1914	az I. világháborúban egészségügyisként szolgál
1917	megkapja orvosi diplomáját, megnősül
1918-1920	munkahelyei Pozsony, Budapest, Prága, Berlin
1921-1922	Hamburg

1922-1923	Leiden
1923-1926	Groningen, kutatási eredményeit tisztázzák az O. Warburg és H. Wieland közötti vitát a biológiai oxidáció kérdésében
1926-1930	Cambridge, kémiából doktorál, hexuronsav izolálása, (később aszkorbinsav, C vitamin)
1930	professzor Szegeden
1932	C vitamin paprikából
1937	Nobel-díj
1939	új kutatási témája az izomműködés németellenes, antifasiszta tevékenység
1942	a Gestapót elkerülendő Budapesten bujkál
1944	professzor Budapesten
1945	nagy társadalmi aktivitást is kifejt tudományos tevékenysége mellett barátai közül többet is letartóztatnak, az Egyesült Államokba távozik, ahol a Laboratory of the Institute for Muscle Research, Woods Hole, Massachusetts igazgatója lesz
1946-1947	megkapja az amerikai állampolgárságot
1948	a csecsemőmirigy (thymus gland) vizsgálatába ill. rákkutatásba kezd nagy aktivitást fejt ki a vietnami háború ellen
1955	26 év után látogat újra Magyarországra, az MTA Szegedi Biológiai Központ avatására
1960	
1970	
1973	
1986	Woods Hole-ban hal meg

Eredményei felkeltették a biokémikus társadalom érdeklődését. Az ezeket leíró kéziratot a Biochemical Journal-nak küldte el. Ebben nevet kellett adni az addig csak egyszerűen „Szent-Györgyi anyaga”-nak hívott vegyületnek. Ő a latin „ignosco” (nem tudom) szót a cukrokra utaló -óz végződéssel ellátva az

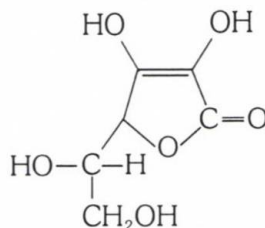
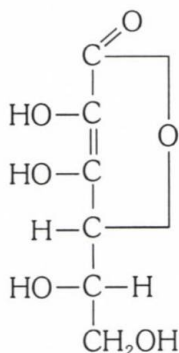
ignóz nevet javasolta, de így nem fogadták el a kéziratot. Ekkor átkeresztelte Godnóz-ra (Isten tudja milyen cukor), de a szerkesztő ezzel sem volt elégedett és a teljesen prózai hexuronsav névvel közölte a cikket.

Szent-Györgyi 1930 szeptemberében kezdte professzori működését a Szegedi Egyetemen [4]. 1931-ben itt derítette ki munkatársaival, hogy a hexuronsav a C-vitaminnal azonos. Hetven évvel ezelőtt, 1932-ben pedig kiderítette, hogy a paprika valóságos „C-vitamin bánya”. Mivel a paprika nem édes, könnyebb volt a C-vitamint kinyerni és elválasztani más cukorszerű vegyületektől, mint pl. a narancs esetében. 1,5 kg kristályos C-vitamint sikerült kinyerni egy hét

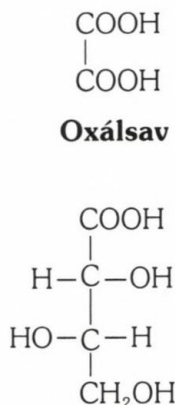
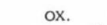
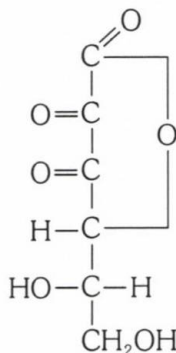
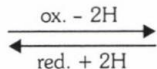
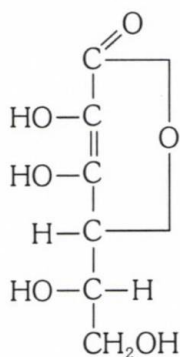
alatt. Ez már elég volt a részletes vizsgálatokhoz. Küldött belőle Birminghambe a szénhidrátkémia neves szakemberének, Haworth professzornak is, aki gyorsan megállapította a vegyületnek az ábrán látható szerkezeti képletét. (1937-ben ő kapta a kémiai Nobel-díjat.)

Első dolguk volt, hogy közösen új nevet adjanak a hexuronsavnak. Skorbutot megelőző hatására utalva aszkorbinsavnak nevezték. A reverzibilis oxidációs-redukciós lépések, amelyek révén a C-vitamin antioxidációs hatását kifejti az élő szervezetekben, szintén láthatók az ábrán. Erős, irreverzibilis oxidációkor oxálsav és treonsav keletkezik.

(Szent-Györgyi véleménye szerint az orvosi ajánlott napi felnőtt adag, ami 60 mg, va-



L-aszkorbinsav (C-vitamin)



L-aszkorbinsav

dehidro-L-aszkorbinsav

L-treonsav

Az L-aszkorbinsav (C-vitamin) kétféleképpen felírt szerkezete, valamint a reverzibilis és irreverzibilis oxidációja

lóban elég a skorbut kialakulásának megelőzésére, de nagyobb mennyiség növeli a szervezet ellenállóképességét más betegségekkel szemben. Ezen a koncepción alapul a kétszeres Nobel-díjas (1954-ben kémiai, 1962-ben béke) Linus Pauling (1901-1994) által kidolgozott megavitamin terápia, amely szerint szerveztünk ellenállóképességet növelhetjük vitaminok és nyomelemek rendszeres szedésével. [5])

Ezek az eredmények és a biológiai oxidációról szóló Wieland-Warburg vita feloldása eredményezte Szent-Györgyi Albert 1937-es élettani-orvosi Nobel-díját és azt, hogy munkássága mérföldkőnek számít a kémia történetében is.

Irodalom

- [1] <http://acs.org/landmark>
- [2] Oláh György: Életem és a mágikus kémia, Better Kiadó, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- [3] Ralph W. Moss: Free Radical – Albert Szent-Györgyi and the Battle over Vitamin C, Paragon House Publishers, New York, 1988.
- [4] Szabó Tibor, Zallár Andor: Szent-Györgyi Albert Szegeden és a Szent-Györgyi Gyűjtemény, Csongrád Megyei Levéltár, Szeged, 1989.
- [5] Linus Pauling: How to live longer and feel better, Avon Books, New York, 1987.

MÉRFÖLDKŐ A KÉMIA TÖRTÉNETÉBEN

SZENT-GYÖRGYI ALBERT MUNKÁSSÁGA A BIOLÓGIAI OXIDÁCIÓ ÉS A C VITAMIN FELFEDEZÉSE TERÉN

Szent-Györgyi Albert (1893-1986), biokémikus, a 20-as években úttörő munkát végzett a biológiai oxidáció mechanizmusának felderítésében. 1930 és 1936 között, a Szegedi Egyetem professzoraként, sikerült bebizonyítania, hogy a korábban általa izolált hexuronsav a C-vitaminnal azonos, és kilogrammos mennyiségben paprikából kivonható. 1937-ben kapott fiziológiai-örvostudományi Nobel-díjat a "biológiai égésfolyamatok, különösen a C-vitamin, valamint a fumársav-katalízis terén tett felfedezéseiért". Később, munkatársaival együtt, világszínvonalú eredményeket ért el az izomösszehúzódás biokémiai mechanizmusának vizsgálatában. 1948-tól haláláig az Amerikai Egyesült Államokban dolgozott, ahol rákkutatással is foglalkozott.

INTERNATIONAL HISTORIC CHEMICAL LANDMARK ALBERT SZENT-GYÖRGYI'S WORK IN BIOLOGICAL COMBUSTION AND VITAMIN C

Albert Szent-Györgyi (1893-1986), biochemist, pioneered the study of biological oxidation mechanisms during the 1920s. Between 1930 and 1936, while a Professor at Szeged University, he proved that hexuronic acid, which he had previously isolated, is identical with Vitamin C and that it could be extracted in kilogram quantities from paprika. In 1937, he was awarded the Nobel Prize in Physiology or Medicine "for his discoveries in connection with the biological combustion processes, with special reference to vitamin C and the catalysis of fumaric acid." In later years he and his collaborators achieved world renown in the field of the biochemical mechanism of muscular contraction. From 1948 until his death, he worked in the United States where he was also involved in cancer research.

Szeged, Magyarország
Szeged, Hungary



American Chemical Society

2002. május 11.

May 11, 2002

Magyar Kémikusok Egyesülete

Serfőző Éva

Ólom a környezetben

Az ólom, mint környezeti szennyezőanyag „fontossága” egyre nyilvánvalóbb, mivel az ólommal való szennyeződés kiterjedtsége és mértéke egyre növekszik. Korábban (1978 előtt) nem csupán az ipari ólomfelhasználás volt jelentős (a kohászatban, akkumulátorgyártásban, vegyiparban, stb.), hanem sokféle és jelentős mennyiséget használtak színező és korróziógátló anyagként is. Például egyes festékek ólomtartalma az 50%-ot is elérhette. Mindezen felhasználások az idő múlásával a környezetbe juttathatták az ólomszennyezést. (Pl. a lepergő festék a talajba szóródhatott.)

Különösen jelentős ólomszennyező volt az ólom-tetraetil vegyület, amelyet a motorbenzinhez adagoltak oktánszámnövelő adalékként. Korábban, amíg nem vonták ki a forgalomból, a benzinüzemű járművek kipufogó gázával az égéskor képződő ólom-oxid formájában szóródott a levegőbe, majd talajba (ezer tonna számára) az ólom a forgalmas utak mentén. A talaj ólomszennyeződése az autópályák mellett meghaladja az 500 ppm-et.

A szervezetünkbe jutó ólom további forrása lehet az ivóvízhálózat. A régebben használatos ólom vízvezetékcsövek, az újabb fémhálózatok forrasztófémrel történő kötése (amelyek ólom-ötvözetek), az ólomvegyületekkel adalékolt műanyag csövek (pl. az ólom-sztearát révén) mind juttathatnak ólmot a vízbe és azzal a szervezetünkbe.

A szervezetünkbe került ólom (kb. napi 300 µg) komoly károsodást okozhat. A máj, a vese, a vörösvértestek köthetik meg az ólmot és különösen a csontok raktároznak sokat. Felnőtt szervezetben 50-400 µg ólom is raktározódhat.

Ha ólommérgezés történik, akkor az a hemoglobin-szintézis zavarában (anémia), idegrendszeri károsodásban, vesekárosodásban nyilvánul meg. Tünetként jelentkezhet kólika, vérszegénység, fejfájás, rángógörcs, krónikus vesegyulladás, agysorvadás és központi idegrendszeri zavar.

Az ólommérgezés gyógykezelése során olyan komplexképző vegyületet adnak a mérgezettnek (Ca-EDTA-t), amely az ólommal stabilis vízdoldható komplexet képez, s annak formájában az ólom kiürülhet. (Az EDTA komplexképző helyett azért Ca-EDTA-t adagolnak, hogy a komplexképző, miközben eltávolítja a Pb^{2+} -ionokat, ne távolítsa el a fontos Ca^{2+} ionokat.)

Az ólomszennyezés mértékének csökkentését központi intézkedések szolgálják. Ennek keretében beszüntették a motorbenzin ólommal való adalékolását (amely a környezeti szennyezés mellett lehetetlenné tette volna a kipufogó gázok katalitikus méregtelenítését is). Az ólomtartalmú festékek használatát korlátozták, az ólomcsöveket kivonták a forgalomból, stb. Ennek ellenére sok ólom halmozódhatott fel a környezetben. Ha a szennyezés mértékét sikerül megmutatni a lakosságnak, akkor talán az átlagember is jobban figyel az ólom használatára, s ezzel a központi intézkedések is hatásosabbá válhatnak.

A lakosság bevonását célzó kurzusok, foglalkozások több nyugati országban is szerveződtek, ott, ahol az iparosodás és a tudatosság nagyobb fokot ért el. Egy ilyen oktatási kurzus bemutatására vállalkoztam az alábbiakban.

Az oktatásban, foglalkozási sorozatban résztvevők számára megfogalmazták a kérdéseket, amelyre szeretnének választ kapni majd:

1. A talaj ólomszennyezettsége minden városrészben azonos mértékű (nagyságrendű), vagy a jövedelmi különbségek szerint észlelhetők különbségek?
2. Érezeti-e hatását az, hogy betiltották a nagyfokú ólomfelhasználást (az USA-ban pl. húsz évvel korábban), vagy még mindig jelentős az újabb szennyezés?
3. A talajban előforduló ólomszennyezés mértéke változik-e a talaj felszínétől való távolsággal (mélységgel), vagy az úttól, házaktól való távolsággal?

A felmérésben résztvevők számára bemutatják a mintavételi módszereket, analitikai eljárásokat és a kiértékelési módszereket (statistikai kiértékelést is). Az analitikai munkában járatosak számára nyilvánvaló, hogy fontos a mintavételi hely kiválasztása, a mintavétel módja, a szóba jöhető analitikai eljárások megválasztása, a mérési adatok kiértékelése. Aki nem járatos az analitikai kémiában, azok számára előadás-sorozatok és gyakorlati foglalkozások keretében kell mindezt megmutatni.

A kivitelezés egyszerűbb az egyetemi, főiskolai képzésben vagy a szakképzés keretében. A középiskolákban csak szakköri foglalkozásként valósítható meg véleményem szerint.

Javasolt, hogy ha vannak a területünkön régi házak (akár száz évesnél is idősebbek), akkor annak festékanyagaiból (a vasalatokról, farészekről gyűjtött mintából), az épületek tövéénél található talajból (ahová a régi festék lehullhatott), az épületektől távoli talajrészekből, az országutak, autópályák mellől gyűjtsenek mintákat.

Célszerű a házak körvonala (alapja) mentén 0.15-1 m távolságra, majd távolabb (9-12 m távolságra) venni mintákat. A talaj felszíni mintázása 0-5 cm-es mélységközt, a mélyebb réteg mintázása 20-25 cm-es mélységközt fogjon át.

A talajmintákat és festékmintákat szárítószekrényben 90 °C-on 24 órán keresztül szárítjuk, majd műanyag edényben (teflon, polietilén) tároljuk. (Az ólomtartalom vizsgálatához

jobb a műanyag edényzet, mint a fém vagy üveg tárolóedény, mivel kisebb az ólommal való mintaszennyeződés veszélye.)

Az adott mélységközből származó szárított mintákból homogenizálás és őrlés után egy gondosan lemerített részletet (0,1 mg pontossággal lemerített 0,2-1 g-os részt) salétromsavval feltárunk.

A hálózati víz mintázásához az egyes kiválasztott házakból vízmintát (legalább 100-100 cm³-t) vételezünk az első csapnyitást követő 0, 1, 3, 5 és 10 perc múlva. A vízminta vételéhez és tárolásához gondosan kisavazott műanyag edényeket használunk. A tartósítást analitikai tisztaságú salétromsavval végezzük (pH = 1,5-re állítással).

Az alkalmazott analitikai módszer függ a lehetőségektől és attól, hogy milyen ólomkoncentrációt kell mérni. A nemzetközi és hazai szabványok szerint járhatunk el. Alkalmazhatunk különböző dúsítási eljárásokat, extrahálásokat, bepárlásos töményítéseket, stb., hogy a minta ólomkoncentrációja a mérőmódszerünk tartományába essen. Érzékeny analízis atomabszorpciós technikával végezhető. (Pl. Perkin-Elmer-Zeeman 5000 AAS műszerrel levegő-acetilén lángot és 283,3 nm-es hullámhosszt használva.) Célszerű az analízishez bizonylatolt referencia-anyagokat is igénybe venni, bár ezek beszerzése költséges.

Az egész analízisben a legtöbb szakértelmet igénylő műveletrész a műszeres elemzés. Ennek begyakorlásához több tízórás kurzus szükséges. A további műveletek, a mintavétel, szárítás, stb. kevesebb gyakorlás után elvégezhető.

Annak lemerésére, hogy a befektetett munka milyen eredménnyel járhat, példaként egy New York környéki vizsgálatot említhetünk:

A külső házfestékekből gyűjtött minták ólomtartalma 3-33% tartományban mozgott (1% = 10000 µg Pb / 1 g minta). A festék ólomtartalma (kevés kivétellel) növekszik a házak korával, és fordítottan arányos az építési évszámmal. Általában a XIX. században épült házak festéke volt

a legmagasabb ólomtartalmú. Az emberi egészség védelme érdekében 1979-től kezdődően a festékek 0,06 g/g %-nál (600 µg/g-nál) több ólmot nem tartalmazhatnak. Az 1900-as évek előtt épült házak festékében 10% Pb-ot találtak.

A házak mentén a talaj felső rétegében az ólomtartalom 17-10000 µg/g tartományban változott. Legmagasabb ólomtartalmat az 1900-as évek előtt épült házak mentén mértek. A háztól távolabbi minták ólomtartalma 9-260 mg/g-ig terjedt.

Az ivóvízminták elemzése néhány általános tapasztalattal járt. Mindig az elsőként kiengedett vízminta ólomtartalma a legmagasabb (véltetően azért, mert a pangó vízben a hosszú idő alatt kioldódhatott a szerelvények ólomtartalma). A régi házak vizében (ahol ólomcső vízvezeték is volt) mérhető a legmagasabb ólomtartalom. Egy 1845-ben épült ház első vízmintájában 24 µg Pb/ L koncentráció mérhető, de a folyamatosan engedett vízben is volt 2 µg Pb/L ólomtartalom. A többi házban az első minták ólomtartalma 0,2-9 µg Pb/L -ig terjedt.

Egy ilyen felmérés több tanulsággal járhat. Azon túl, hogy a felmérésbe bevont személyek (tanulók) megismerkednek a mintavétel és analízis fortélyjaival, a lakosok reális képet kaphatnak arról, hogy lakókörnyezetükben milyen ólomveszélyességgel kell számolni.

Azzal a céllal adom közre e beszámolót, hogy a közösségeket, iskolákat serkentsem a hasonló környezeti felmérésekre.

Irodalom

- [1] (Vincent T. Breslin, Sergio A. Sanudo-Wilhelmy): The Lead Project, J. Chem. Education, 78. 12. 2001. 1647-1651. old.
- [2] Greenwood, A. Earnshaw: Az elemek kémiája, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999
- [3] Gergely P., Erdődi F., Veréb Gy.: Általános és bioszervetlen kémia, Semmelweis kiadó, Budapest, 2001
- [4] Pais I.: A mikroelemek jelentősége az életben, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999

Fésűs Bernadett

„...és bekené azt gyantával és szurommal...” avagy a ragasztókról

A tanulók 7. és 8. osztályban már megismerkedhetnek olyan anyagokkal, amelyek alkalmasak ragasztókészítésre; ez pedig alkalmat adhat más, ragasztóként használható anyagok megismerésére, szakkörön való elkészítésére. Fontos a műanyagalapú ragasztók említése, hiszen a hétköznapi életben egyre több mesterségesen előállított ragasztóanyaggal is kapcsolatba kerülünk. A továbbiakban olyan érdekességeket, különlegességeket próbáltam összegyűjteni a ragasztók világából, amelyek „bevezethetők” az olykor lankadó figyelem ellen is.

A könyvkötészet ősi ragasztófelhasználó. A kezdetektől használt természetes ragasztóknak (keményítő-származékok, állati nyelvek) ma is nagy jelentőségük van, bár ezeket egyre jobban kiszorítják a vizes polimer-diszperziók és az ömledékragasztók. A könyvkötészetben a különböző késztermékek más-más kötészeti technológiát és ragasztási módot igényelnek. A klasszikus könyvgyártás egyik legfontosabb ragasztóanyaga még ma is a módosított állati nyelv. Könyvkötészeti technikával készülnek a textiliákkal, műbőrrel,

bőrrel bevont díszdobozok, kitüntetés- vagy egyéb érmetartó tokok is.

A *cigarettagyártáshoz* világszerte mintegy 80000 t különféle, zömében vizes alapú ragasztóanyagot használnak fel évente, amelyeknek eltérő követelményeket kell kielégíteniük. A cigaretta 5-8 ponton kell ragasztani, amelynek mindegyikéhez más-más ragasztót alkalmaznak. Ezek többnyire nagy viszkozitású, dextrinalapú ragasztóanyagok.

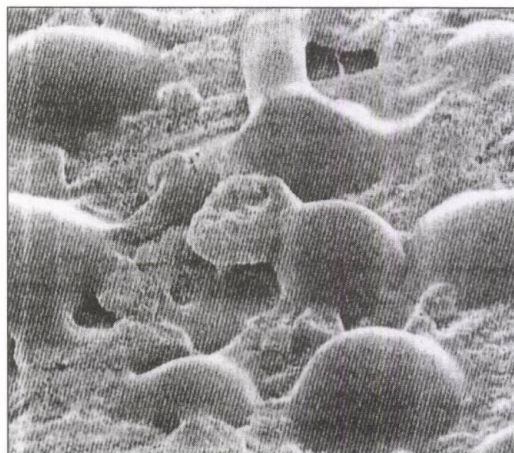
A növényi eredetű ragasztók esetében gyakran találkozhatunk a karboxi-metil-cellulóz nátriumsójával, amely a cellulóz-éterek közül a legjelentősebb. (1. ábra)

Általánosan mint **tapéтарagasztót** használjuk.

A *reklámpipar* az öntapadó címkék egyik legnagyobb felhasználója. Az üzletek, kisebb utcai ragaszok rendszerint tartósan tapadó, poliakriláttal bevont, védőfóliával forgalmazott figyelemfelkeltő hirdetések. A nagyméretű plakátok még napjainkban is helyszíni ragasztással – természetes alapú ragasztóval vagy poli(vinil-acetát)-diszperzióval – rögzítik. A tömegközlekedési járművek ablakain elhelyezett hirdetések átlátszó polietilén vagy polipropilén fóliára készülnek, ragasztójuk általában szintelen poliakrilát.

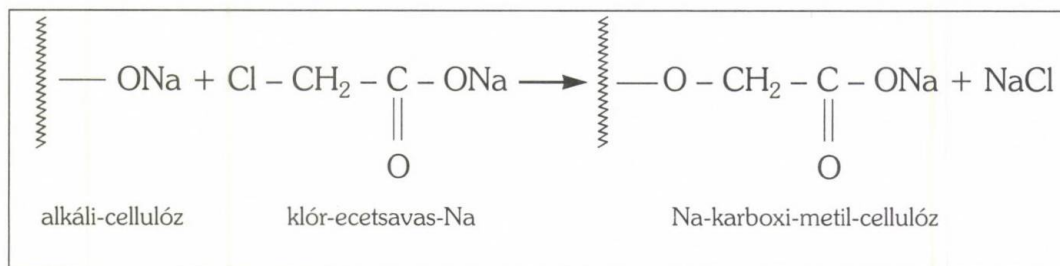
Az 1980-as évek elején világszerte ragadós hátú sárga cédulák tűntek fel az irodákban. Általában iratokra ragasztották őket, elolvasás után pedig nyomtalanul el lehetett távolítani. Az évek múlásával e ragadós papírszeletké az iskolában, majd az otthonokban is megjelentek. Az **öntapadó cédulák** egy véletlennek köszönhetik létüket. A 3M nevű cég egyik kutató-

laboratóriumában már 1968-ban, a pillanatragasztó kidolgozása során egy olyan gyenge minőségű ragasztót állítottak elő, amelyet a vállalat használhatatlannak minősített. Az egyik vegyész észrevette, hogy ezzel a gyenge ragasztóval bekent papírszeletké használat után maradéktalanul eltávolíthatók. A 3M csak 1980-ban kezdte el forgalmazni az egyik oldalukon ragadós csíkkal ellátott jegyzettömböket irodai célokra. Időközben az is kiderült, hogy a cédulák eltávolításuk után máshol ismét felragaszthatók. Mikroszkóp alatt vizsgálva az öntapadó cédulák ragadós felületét, ezerszám láthatók rajta parányi urea-formaldehidgyanta-buborékok, amelyek a ragasztóanyagot tartalmazzák. Nyomás hatására a buborékok felszakadnak, de csak egy részük. A cédulák ezért használhatók fel többször egymás után.



2. ábra

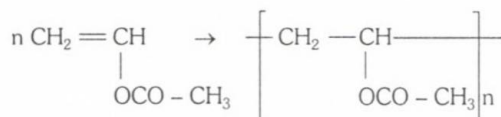
Urea-formaldehidgyanta buborékok



1. ábra

Karboxi-metil-cellulóz nátriumsójának előállítása

A poli(vinil-acetát) a legjelentősebb poli(vinil-észter). (A vinil-acetát könnyen poimerizálható fény vagy melegítés hatására.)



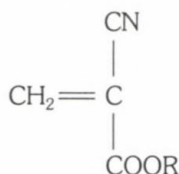
3. ábra

Poli(vinil-acetát) előállítás

A poli(vinil-acetát) oldószeres oldatait általánosan felhasználható háztartási ragasztóként hozzák forgalomba. Legismertebb a **Technokol rapid**.

A poli(vinil-alkohol)-t poli(vinil-acetát)-ból állítják elő, mert vinil-alkohol monomer nem létezik. E polimer előnye, hogy nem toxikus és vízzoldható. Leginkább pórúszós anyagok ragasztásához, élelmiszeripari és egészségügyi papírragasztóként, valamint gyermekek által használt **iskolai ragasztó**ként alkalmazzák. A korszerű, nedvszívó pelenkák, egészségügyi betétek előállításához általában ilyen vízzoldható ragasztóanyagokat használnak a keményítő és a kazein-enyv mellett.

A ciano-akrilát ragasztókat a hétköznapi nyelvhasználatban **pillanatragasztó**ként emlegetjük. Fő komponenseik a ciano-akrilsav észterei:



4. ábra

Ciano-akrilsav észterei

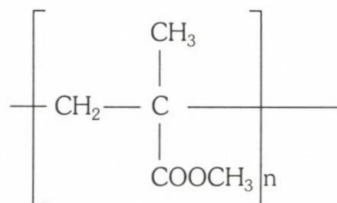
Jelentősek (R-) metil-, etil-, n-propil-, és i-propil-észterei. A butit-ciano-akrilát a gyógyászatban folyékony sebragasztóként használatos. Operáció után néhány nappal a sebfelületre juttatva kényelmes, kötést helyettesítő filmet képez. Újabban a sebészek máj- és hasnyálmirigy-műtéteknél pillanatragasztó-

permettel képeznek vékony réteget a seben, így csökkentik a vérzést, esetleg varrás helyett is alkalmazzák.

Ragasztóként a ciano-akrilsav-észter monomertermékeket zárt, légmentes csomagolásban hozzák forgalomba. A pillanatragasztók savas stabilizátort tartalmaznak, amely folyékony állapotban tartja a készítményt. Ha a ragasztó valamilyen felületre kerül, nedvesség vagy gyenge bázisok hatására a stabilizátor hatása megszűnik, és megindul a polimerizáció. A reakció szobahőmérsékleten katalizátor alkalmazása nélkül nagyon gyorsan megy végbe. Kötési idejük a ragasztandó anyag természetétől és felületi állapottól függ. Lúgos kémhatású anyagokon (üveg) 10-30 s, savas felületeken (fa) pedig legalább 3 perc a kezdeti szilárdság eléréséhez szükséges idő. A végleges kötősszilárdság azonban csak órák múlva alakul ki. E ragasztókkal dolgozva veszélyt jelent a nagyon gyors kötés az emberi bőrhöz és szövetekhez, mert azok is nedvesek.

Az **anaerob ragasztók** olyan dimetakrilát alapú, egykomponensű, oldószermentes, folyékony ragasztók, amelyek a levegő oxigénjének jelenlétében inaktív térhálósító komponenst tartalmaznak. A ragasztó oxigén jelenlétében tárolható, de a felületre felhordva, a levegő eltávolítása után megindul a térhálósodás. Léteznek ilyen típusú pillanatragasztók is. Az egykomponensű **aerob ragasztók** olyan iniciátorrendszert tartalmaznak az anaerob ragasztókkal szemben, amely a levegőre jutva, a levegő oxigénjének hatására aktivizálódik, és gyökös polimerizációt indít.

A fogászatban a **fogtömő anyagok** kötőanyagként a poli(metil-metakrilát),



5. ábra

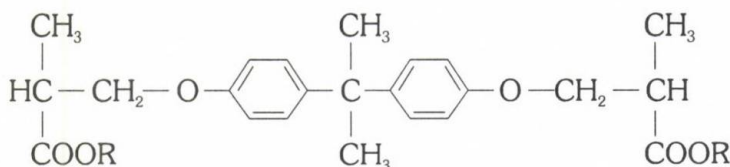
Poli(metil-metakrilát)

illetve a különböző alkil-metakrilát polimerek évtizedek óta használatosak. Újabban a sugárzásra térhálósodó akrilátok (pl. biszfenol A-dimetakrilát) használata is elterjedt. (6. ábra)

A fogászatban igény a különböző anyagok (fog-fém, fog-kerámia, fog-műanyag) kötése. Erre a célra az utóbbi időben az állandó, nedves körülmények között is jó kötőszilárdságot adó akrilnitril-kopolimer alapú speciális ragasztókat fejlesztették ki. A fogászatban szervesen ásványi eredetű ragasztókat (cementeket) is alkalmaznak. A foszfátcementek foszforsavsók vagy foszforsav és fém-oxidok, -hidroxidok, -szilikátok kombinációi. A cink-foszfát az egyik legfontosabb fogászati cement, szilikáttal kombinálva fogtömő anyag. A cink-oxi-klorid (ZnO és ZnCl_2 keveréke) gyorsan és jól köt, ezért fogászati ragasztóként használatos.

Említést érdemelnek a **ragasztószalagok** is. A nyomásra érzékeny ragasztók közül a legismertebbek az állandóan tapadó, ragacsos anyaggal bevont hajlékony szalagok, amelyek lehetnek egyik, vagy mindkét oldalukon ragasztózottak. Ezek a ragasztók nem nagy szilárdságúak, mivel állandóan lágyaknak és tapadósaknak kell lenniük. Általában könnyen letekergethető formában kaphatók. Követelmény, hogy gyorsan tapadjanak a ragasztandó felületre, és arról tisztán, anyagmaradék nélkül lefejezhető legyenek. Kezdetben vizes oldatból papírra felhordott és szárított csontenyv képezte a ragasztóanyag kötőanyagát, amelyet felhasználáskor vizes nedvesítéssel aktiváltak. Később az enyvet

nagyrészt felváltotta a sokkal könnyebben kezelhető keményítő. Az első tartósan ragadós ragasztószalag a gumírozott papír volt. Ma a nyomásra tapadó ragasztók ragasztóanyagai polimer-alapanyagot, lágyítókat, tapadásnövelő adalékokat, töltőanyagokat, stabilizátorokat és oldószeret tartalmaznak. Alapanyaguk általában természetes gumi, sztirol-butadién kopolimer, butilkaucsuk és poliakrilátok. Ezt vagy kalanderezéssel viszik fel a hordozólemeze, amely lehet műanyag fólia, papír vagy szövet, vagy oldószeres oldatot készítenek a keverékből, amit szórással vagy kenéssel visznek fel a hordozóra. A ragasztószalagok lehetnek nedvesítésre ragadók, vagy tartósan ragadósak. Ez utóbbi esetben a ragasztófelületet leválasztható papírral fedik, és így forgalmazzák. Nagy mennyiségű nyomásra tapadó ragasztót használnak gyógyászati szalagok gyártásához. Eredetileg ezek a tapasztok rúd alakúak voltak, használatkor felmelegítették, szövetlapra vastag réteget kentek belőle, és a kezelendő testrésze helyezették. Ezek a tapasztok csak akkor ragadtak, ha melegen kenték fel, és később keményedtek meg. A múlt század vége felé kerültek át az USA-ból az ólommentes kaucsuktapaszok (**ragtapaszok**), amelyeknél a ragasztóanyag (kaucsuk, gyanták, keményítő) azonnali használatra készen volt a szövetre felkenve és előzetes melegítés nélkül már a test hőmérsékletén jól tapadtak. További haladást jelentett az 1900 körül bevezetett leukoplaszt. Ezeken a ragasztószalagokon és tapasztokon az állandó ragadósságot biztosító ragasztó a bőrt



6 ábra
Biszfenol A-dimetakrilát

nem irritáló elasztomer, pl. poliizobutilén, butilkaucsuk, poliuretán van.

Remélem sikerült ezekre a fontos anyagokra terelni a figyelmet, hiszen ma az egyik legelterjedtebben használt kötési technológia a ragasztás, és az egyik leggyakrabban használt kötőanyag a ragasztó. Csak járjunk nyitott füllel az utcán, és figyeljünk, hogy hányszor hangzik el egy-egy ragasztással kapcsolatos szó.

... valószínűleg használója nem is sejti, hogy mi módon működnek a ragasztók.

Irodalom

- [1] Balázs Gyula: Ragasztástechnika (Műszaki Könyvkiadó 1982)
 [2] Bartha Zoltán: Gumiipari kézikönyv II. (Műszaki Könyvkiadó 1988)

- [3] Dr. Farkas Ferenc – Farkas Ferenc József: A ragasztás kézikönyve (Műszaki Könyvkiadó 1997)
 [4] Gerecs Árpád: Bevezetés a kémiai technológiába (Nemzeti Tankönyvkiadó 1995)
 [5] Dr. Kovács Lajos (szerk.): Műanyag zsebkönyv (Műszaki Könyvkiadó 1979)
 [6] Páris Lászlóné: Ragasztástechnikai minilexikon (Műszaki Könyvkiadó 1983)
 [7] Pukánszky Béla: Műanyagok (Műegyetemi Kiadó 1995)
 [8] Dr. Vámos György (szerk.): Papíripari kézikönyv (Műszaki Könyvkiadó 1980)
 [9] Vancsóné Szmercsányi Ibolya: Műanyagalapú ragasztók (Műszaki Könyvkiadó 1962)

Dr. Szalay Tibor

Mindennapi kémia 3. A vasbeton-szerkezetek rákfenei

Bevezetés

Jmmár néhány évtizedre nyúlik vissza, hogy dinamikus fejlődésnek indult az építőipar, valamiféle reneszánszának lehetünk tanúi. Mindenekelőtt azért, mert az építő- és vegyi anyagoknak szinte beláthatatlanul széles skáláját hozták létre, illetve állították elő. Óriási mennyiségben kerültek és kerülnek alkalmazásra. Ez viszont elengedhetetlenül magával hozta a kémiai, vagy molekuláris szemléletmód térnyerését és érvényesülését is.

Alighanem ebben van a magyarázata annak, hogy napjainkban, pl. Nagy-Britanniában, az építészmérnök-képzést „két lábra” helyezték: a hallgatókat műszaki – és vegyészmérnöki alapképzésben részesítik. [1]

A gyors fejlődéshez természetesen hozzájárult, hogy az anyagtudományok kialakulása különféle nagyteljesítményű mikroelektronikus eszközök, mérőműszerek és módszerek kifejlesztését, illetve széleskörű alkalmazását hozta magával, mint pl. különböző elektronmikroszkópok és mikroszondák, röntgen-diffraktométerek, termomérlegek stb. Ezek nemcsak az anyagi rendszerek mikro- és nanométermérő vizsgálatát tették lehetővé, hanem az elért eredmények nyomán közelebb kerülhettünk a bennük bekövetkező változások és folyamatok molekuláris szintű eseményeinek jobb megértéséhez és továbbgondolásához is.

Így ismerhetjük és érthetjük meg jobban pl. a vasbeton-szerkezetek egészében bekövetkező

eseményeket is. Átfogóbb ismereteink lehetnek ma már a cement hidratálódásáról, az ekkor kialakuló cementgélről, illetve a megszilárdult cement makro-, mikro- és molekuláris szintű szerkezetéről, vagyis a beton lényegét jelentő kalciumszilikát-hidrátokról (CSH), mint hidratált ásványi fázisokról.

Nem kevésbé fontos, hogy nagyobb sikerrel készíthetünk tartósabb, szuper – vagyis nagyteljesítményű betonokat, és – az idő vasfogának jobban ellenálló – vasbeton-szerkezeteket is. De a különféle „**rákfenék**” (karbonátosodás, alkálszilikát-reakció (ASR), „ettringitesedés”, a beton-acél-váz korróziója) miatt roncsolódott és legyengült betonépületek felújítása is jobb hatásokkal végezhető el, mint korábban bármikor.

A beton lényegét jelentő cementgél kialakulása

A mindennapi értelemben vett betont általában meghatározott arányú portlandcement, adalékok (folyami homok és kavics, különleges esetekben pedig még adalékszerek stb.) és víz összekeverésével készítik, öntik és formázzák.

Mivel a homok és kavics egyaránt szilikátos-vasanyag, ezért felületükön ún. alvó terminális (= véghelyzet) – Si – OH – csoportok¹ vannak, amelyeket a hidratáció során fellépő, reakcióhő aktiválja, vagyis vízmolekulák kiépítésével ezekből is ugyanolyan oxigénhidas – Si

– O – Si- kötések létesülnek, mint magában a cementgélben, illetve a megszilárdult cementben a következő vázlat szerint.

A szokásos cement (a továbbiakban PC = portlandcement) jól meghatározott oxid- és fázis-összetétel. A szóban forgó fénoxidok, részben *bázisanhidridek* (elsősorban CaO = C, égetett „mész”, ami egyben a beton 1. főkomponense), másrészt *savanhidridek* (főként SiO₂ = S, ez a beton 2. főkomponense), továbbá az *amfoter* (a körülményektől függően savként, vagy bázisként viselkedő /reagáló) alumínium-oxid (Al₂O₃ = A) és a vas(III)-oxid (Fe₂O₃ = F). Ezek a következő ásványi fázisokká egyesülnek: C₃A, C₃S, β-C₂S, C₄AF, amelyek vízmolekulák felvételével hidratálódnak, majd – vízmolekulák leadása közben – átrendeződnek. Ebben a rendkívül összetett fizikai és kémiai folyamatban (amit a szakzsargonban egyszerűen csak hidratációnak neveznek) jön létre a cementgél, majd ennek megszilárdulásával (további vízmolekulák leadásával) a cementkő. Ez több-kevesebb SiO₄ – tetraéderből¹, egy-egy közös oxigén-atommal mint oxigénhíddal összekapcsolt egységekből álló térrács (1. ¹ lábjegyzet), amelynek negatív elektromos töltését – túlnyomóan kalciumionok kompenzálják. Következésképpen a beton szilárdságának a hordozója a csak sematikus felírható, (–O–Si–O–Ca–O–Si–O–)_n összetételű láncokból álló és a tér három irányában kiterjedő **térrács**.

¹ Önmagának csak a tiszta SiO₂-nek legalább 12 kristály-módosulata létezik (a szennyezettnek több mint 22). Az α - kvarc a legáltalánosabban előforduló alakzat. Ez sok ásványi kőzetnek fő ásványi összetevője (pl. gránit és homokkő). Az SiO₂ fő kristály-módosulatai végtelen elrendezésű, tetraédes {SiO₄}-egységekből állanak, amelyekben a tetraéder csúcsai közők. Az amorf SiO₂ nagyon porózus változata a „szilikagél”, mint vízmegkötő (-abszorbeáló) anyag vált közismertté. Már az SiO₂ – H₂O kettős anyagi rendszer is bonyolult. Ha pl. nagy nyomáson, 1-2 % vizet adunk a szilícium-dioxidhoz, akkor olvadáspontja akár 800 °C-kal is csökken, ami valószínűleg annak a következménye, hogy az – Si – O – Si – kötések terminális – Si – OH – csoportok váltják fel, ami szerkezetromboló hatásként jelenik meg. E kettős anyagi rendszer bonyolultságát a fénoxidok jelenléte értelemszerűen fokozza a cementben. Nehézségekbe ütközünk, ha a vizes oldatban levő kovasavval, vagy általában „szilikátokkal” akarunk reakcióegyenletet felírni. Szükségszerű egyszerűsítéssel összetételét, mint „orto-kovasavét(H₄SiO₄)”, anionok (SiO₂/OH)²⁻, vagy SiO(OH)²⁻ alakjában mégis megadhatjuk. A kézenfekvőnek látszó, (gyakran fel is írt!) SiO₃²⁻ összetételű anion azonban „monomerként” nem létezik! [2]

Könnyen belátható, hogy rácsidegen (pl. SO_4^{2-} vagy CO_3^{2-}) oxoanionok² beépülése lerontja a szilikátrács homogenitását, a kationok (pl. Na^+ , K^+ , Mg^{2+}) pedig a rácsközi helyekről szorítják ki a kalciumionokat. **Az idegen ionok tehát megglazírtják a rácsot, a megzavart részek – elégséges víz jelenlétében – mobilizálódnak, vagyis a szilárdság legyengül.**

A karbonátosodás

A karbonátosodást – elsősorban – a betonmátrixba utólag bejutó széndioxid okozza. (Pontosan nem meghatározott mennyiségű karbonát-vegyület magában a cementben is van.) Hangsúlyozni érdemes azonban, hogy a vízben a CO_2 a hőmérséklettől (T) és a nyomástól (p) függő mértékben *előbb fizikailag oldódik*. Ezt követően lép reakcióba a vízzel, mégpedig egyensúlyra vezető kémiai folyamatban szénsavat (H_2CO_3) képez és aztán ionjaira (H^+ , HCO_3^- és CO_3^{2-}) bomlik. Az utóbbi 2 anion mennyisége és aránya nagyon függ a közeg pH-jától. A beton lúgos pH-tartományban azonban – túlnyomóan – karbonátióhként és (főként a száraz betonban) szabad szén-dioxidként fordul elő. Következésképpen a karbonátióh gyakorlatilag csak a rácsközi kalciumionokkal képez kalcium-karbonátot. Előfordulhat ugyan, hogy erősen savas behatáskor (1. talajvizek, savas eső) cseppkövesedési mechanizmussal, vízben viszonylag jól oldódó kalcium-hidrogén-karbonát is képződik, ami folyamatos nedvesedés hatására, kidiffundál („kivirágzik”) a betonból. (Nagyon kicsi a valószínűsége, de előfordulhat, hogy szabad CaO – zárványként – bennreked a cementkőben, és a szabad szén-dioxiddal, közvetlenül is kalcium-karbonátot képez.

Az alkáliszilikát-reakció (ASR)

Bármilyen okból a betonba bekerülő (vagy az előírtánál, illetve a megengedettnél lényegesen több) alkálifém (elsősorban a nátrium és kálium) ionok a szilikátokkal, vízben jól oldódó vegyületeket képeznek, ezért nedvesség hatására könnyen kimosódhatnak. Ez a „kiürülés” tömeges rácshibákhoz vezet, vagyis megnövekszik a beton átjárhatósága.

Az ettringit primer és szekunder képződése

Az ettringit kémiai összetételéből ($= \text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{Cs} \cdot \text{H}_{32}$) következik, hogy keletkezésének a feltételei (kalcium-, alumínium- és szulfátióh jelenléte) általában eleve teljesülnek a betonban.

Ráadásul, a gyors kötődés fékezésére gipszet (Cs) szokás adalékolni a cementhez, ezért a hexagonális rendszerben kristályosodó ettringit már a friss betonban, finom eloszlásban és kis mennyiségben, bár nehezen, de kimutatható. Bomlásterméke lehet pl. a „monoszulfát” ($= \text{C}_3\text{A} \cdot \text{Cs} \cdot \text{H}_{12}$). [3]

Az ettringit viselkedését már nagyon sokan tanulmányozták. Egy egészen friss közlemény [4] szerző, számos forrás adataira és eredményére támaszkodva, arra következtetett, hogy a vegyület stabilitása erősen függ a közeg, konkrétan pedig a **pórusfolyadék** ionkoncentrációjától, de mindenekelőtt a pH-jától. A hidratáció kezdeti szakaszában keletkező („primer”) ettringit azért bomlik el, mert stabilitásának alsó határértéke $\text{pH} = 10,7$ körül van.³

A szabad szén-dioxidot is tartalmazó (nyitott) „pórusfolyadék-modellben” az OH^- koncentrá-

² A kénsav (H_2SO_4) sokkal, a szénsav (H_2CO_3) pedig csak kevésbé erős sav, mint a kóvasav. Márpedig az erősebb jellemű elemek/ionok, a kötésekből kiszorítják a gyengébbeket.

³ Erősen lúgos tartományban a pH-mérésre használt üvegelektrod működése bizonytalan, különösen akkor, ha az oldatban szilikátióh is vannak. A mérési adatok ellenőrzése céljából a hidroxidióh koncentrációjából szokták – ellenőrzésként – kiszámolni. Pl. a 320 mmol/liter OH^- -koncentrációnak $\text{pH} = 13,51$ és a 370 mmol/liternek pedig $\text{pH} = 13,57$ – érték felel meg.

ciót, pl. KOH-dal szabályozták, és azt tapasztalták, hogy 4-500 mmol/liter OH⁻-koncentrációnál az ettringit elkezd bomlani, 770 mmol/liter koncentrációnál pedig 3 nap alatt teljesen elbomlik, miközben szulfát-szegény, vagy éppen -mentes kristályok (pl. syngenit = $K_2Ca/SO_{4/2} \cdot H_2O$, kalcit és aragonit = $CaCO_3$, portlandit = $Ca(OH)_2$) válnak ki. Következésképpen az oldatban az ettringit ismétlődő, vagyis másodlagos képződéséhez a kiindulási anyagok fokozatosan felszaporodnak.

[4] -ben hivatkozott szerzők a cementkővel és ettringittel szerzett sok más kísérleti eredményt „átvitték a betonokra”. Arra következtettek, hogy az ettringit nagy tömegű fellépése mindenekelőtt a pórusrendszerben, vagy a már megrepedezett és/vagy az ASR következtében károsodott betonszerkezetekben, főként a pH-csökkenése következtében, a másodlagos képződésére, illetve kikristályosodására vezethető vissza. Végül is azt a meglepő tanulságot vonták le, hogy az ettringit jellegzetes megjelenése a betonszerkezetek réseiben a károsodásnak csak a következménye és nem az előidézője.

A víz többszörös szerepe

A betonkeverék nagyon fontos jellemzője a víz/cement = v/c – tényező, vagy – hányados, ahol a víz tömegét a cement tömege % -ában adják meg. A betonkeverék kezelhetősége, vagy bedolgozhatósága érdekében a bekevert víz mennyiségét az elméletileg becsült (kb. 0,25) értéknél nagyobbban választják. A mindennapi, vagyis a hagyományos betonokban ez általában kb. 0,55, a korszerű, nagy szilárdságú, vagy nagy teljesítményű betonokban pedig kb. 0,30, amit képlékenyítő

szerek (plasztifikátorok vagy szuperplasztifikátorok) alkalmazása tesz lehetővé.

A hányados előírása és értékének folyamatos ellenőrzése a gyártás és a beépítés helyén, egyaránt jelzi, hogy mennyire fontos szerepe van a víznek betonban, mint 3. főkomponensnek.

A cementkővet tehát azok a változatos összetételű kalciumszilikát-hidrátok (= „fázishidrátok”) alkotják, amelyek a cementből, a hidratáció során nyerik el végleges összetételüket, és amelyeket a szakirodalom röviden csak a CSH betű szóval jellemez. (Vegyük észre, hogy e betű szó a három főkomponenst tükrözi, miközben „elfedi” a definiálatlanságot.) Tanulságos azonban arra rámutatni, hogy **a három kiindulási anyag közül a víz az, ami látszólag végig víz marad.** A hidratáció folyamán a bekevert víznek azonban csak egy része használdik el, és lesz szerkezetalkotó víz, vagyis „hidrát”. Egy további része kémiai (erősen) és fizikailag (gyengén) kötődik meg, a hidrátfázisok felületi erői⁴ „szorbeálják”.

A bekevert víz maradék része; mint oldószer és transzportközeg vesz részt a cementgél, a pórusrendszer és a cementkő szerkezetének kialakulásában, később pedig a kész (megszilárdult) betonban bekövetkező, viszonylag lassú (a nagyteljesítményű betonokban pedig nagyon lassú) átalakulásokban. Minthogy elősegíti (vagy pl. gázok esetében gátolja) az anyagok (ionok, molekulák) mozgását, általában pedig a koncentrációk, a hőmérséklet, a nyomás és az ozmózis nyomás kiegyenlítését. (Könnyen belátható, hogy a nagyméretű vasbeton-szerkezetekben ez a kiegyenlítés, széles határok között, változó sebességgel következik be.)

⁴A Coulomb-törvény értelmében, két ellentétes előjelű elektromos töltés (e_1 és e_2) között, az elektrosztatikus erő (P) a közöttük lévő távolság (r) négyzetével és a közeg relatív permittivitásával (ϵ) fordítva arányos: $P = e_1 e_2 / (r^2 \epsilon)$. A víz esetében, ϵ értéke kb. 80. Fémoxidok határfelületén ennek értéke akár nagyságrendileg is változhat (10 alá csökkenhet), ezért a felületi elektrosztatikus erők nagyobbak a szokásosnál, vagyis az ionok és a dipólusú (polarizált) vízmolekulák, viszonylag nagy erővel kötődhetnek meg, vagyis „szorbeálódnak”.

A kémiai reakciók néhány jellemzője

A kémiai reakciók sebességének és mechanizmusának leírásakor, vagy modellezésekor különbséget teszünk a *homogén* (egy fázisban, többnyire oldatokban) és a *heterogén* (több fázisban vagy fázishatárokon) bekövetkező folyamatok között. (Nyilvánvaló, hogy a betonkeverék egészében és a vasbeton-szerkezetekben csakis a bonyolultabb változatról lehet szó.) Ebben kitüntetett szerepe van a *felületnek*⁵, illetve a *határfelületnek*.

A fémek elektrokémiai korróziójának vázolásakor kissé még részletezzük, hogy a felületi reakciók sebességét az idő – (s) és felületegységként (cm²) átalakuló anyagmennyiséggel (ennek egysége a mol = 6,02·10²³ db atom, ion, vagy molekula és elektron) szoktuk kifejezni. Ebből kitűnik, hogy szemben a homogén fázisú kémiai reakciókéval, a heterogén reakciók sebessége nemcsak a kiindulási anyagok, olykor pedig a termékek koncentrációjától (c), a hőmérséklettől (T) és a nyomástól (p) függ, hanem a mindenkor felülettől is.

Az olyan összetett rendszerben, mint a betonkeverék, az anyagok és a hő transzportja, vagy mozgása, illetve a vázolt paraméterek kiegyenlítődése és összességében, a reakciópartnerek „találkozása” erősen gátolt. Ennek enyhítésében, mint láttuk, a víznek, mint oldószernek és transzportközegnek, rendkívüli és sajátos a szerepe.

Külön figyelmet szokás fordítani a góc-, vagy kristálycsíra-képződés és az ezt követő góc-, vagy kristálynövekedés sebességére. Értelemszerűen a betonban, az előbbi annyiban probléma, hogy nem feltétlenül hasznos és

előnyös mindenhol és mindenkor, a különféle gócok képződése. Természetesen a cementgél és a betonmátrix minősége midkettőtől függ.

Az is nyilvánvaló, hogy mind a savanyodás (klorid-, szulfát- és karbonátionok bejutása, a nedvesség ki- és behatolása), mind az ettringitképződés, mind az alkálszilikát-reakció, mind pedig az elektrokémiai korrózió sebessége nagymértékben függ az adott reakciópartnerek célba érzékesétől, a képződő vagy már kialakult gócokra jutásától.

A fémvas elektrokémiai korróziója és ennek terméke, „a rozsda”

A kémiai reakciókkal ellentétben az *elektrokémiai reakcióknak az a különlegessége, hogy a reakciópartnerek térben elválasztva reagálnak, elektronok közvetítésével mennek végbe. A fémek mikrocellás mechanizmusú elektrokémiai oldatba menetele* azért következik be, mert a fémek felületén, az előélettől (összetétel, megmunkálás, hőkezelés stb.) függően, egymástól legalább 0,4 nm távolságban, különböző elektrokémiai potenciálú helyek jönnek létre. Amennyiben ezeket a helyeket elektrolit (elektromos vezető, ionokat tartalmazó oldat) összeköti, a „külső áramkört rövidre zárja”, akkor *lokálemek jönnek létre*, miközben a belső áramkörben *elektronok áramlanak* a fématomok oldatba menetelének helyéről, vagyis az oxidáció anódos helyeiről, a katódos helyekre, ahol viszont, pl. a következő redukció = elektronfelvétel megy végbe: $\text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{e}^- = 2 \text{OH}^-$.

Az acélbetét anódos helyein keletkező vas(II)-ionok, a katódos helyekre vándorolnak,

⁵ Molekuláris értelemben a szilárd anyagok felülete sohasem sima, ezért a méretekből számított (geometriai) felületnél lényegesen nagyobb, sőt sokkal nagyobb is lehet a valóságos felület. (L. másod- és harmadrendű felületek.) Sokszor a felület helyett előtérbe kerül a határfelület, mert pl. a nagy diszperzitásfokú hidroszolok esetében (a cementpor és a mikroszilikátok finom szemcséi már ide sorolhatók) a szolrészecskék elemei (atomok, ionok és molekulák) összesége „felületként” viselkedhet.

vagy diffundálnak, ahol előbb $\text{Fe}(\text{OH})_2$ -dá, majd az ennél kevésbé oldékony $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -dá alakulnak.

Méretükből eredően a vasbeton-szerkezetek korróziója az előbbinél veszélyesebb, makrocellás elektrokémiai mechanizmussal is bekövetkezik.

Utaltunk már rá, hogy a heterogén kémiai reakciók sebességét (v) az idő- és felületegységként átalakuló anyagmennyiséggel, az elektrokémiai reakciókét viszont az ennél praktikusabb áramerősséggel (j) fejezzük ki.

Mivel definíció szerint $j = i/\text{cm}^2$, ahol i = áramerősség, aminek az egysége az amper, azaz a vezető keresztmetszetén, szekundumonként áthaladó elektromos árammennyiség. Korábban ezt coulombokkal fejeztük ki, ma pedig molban: $6,02 \cdot 10^{23}$ elektron = 1 Faraday = $F = 96500 \text{ C}$.

Az áramerősség jól mérhető, ezért az elektrod folyamatok sebességét az áramerősséggel fejezik ki, ami így függ össze a szokásos reakciósebességgel:

$j_i = z F v_i$, ahol z az elemi töltéscserében résztvevő elektronok száma, a vas esetében $z = 2$, és ha $i = k$, akkor katódos, ha $i = a$, akkor anódos áramerősségről van szó. Az áram ellentétes irányának jelölésére a katódos áramerősséget negatív előjellel adjuk meg. Pl. a reverzibilis egyensúlyban lévő elektródon az áramerősségek egyenlők, azaz $-j_k = j_a$.

Az elektroneutralitás elve értelmében a katódos és az anódos áramerősségeknek mindig egyenlőknek kell lenniük, de ha az anódos hely felülete sokkal kisebb, mint a katódos felületé, akkor értelemszerűen az anódos áramerősség (j_a) sokkal nagyobb, mint a katódos áramerősség ($-j_k$). Amennyiben tehát az acélbetétek korróziója koncentráltan, kis helyen megy végbe akkor a korrózió, egy-egy acélbetét keresztmetszetének a jelentős csökke-

néséhez vezet. (Ezt nevezzük közismerten **lyukkorrózióknak**.)

Jó tudni azonban, hogy a vas korróziós termékének, a rozsdának a móltérfogata (V) függ a mindenkori összetételtől. [5, 6]

Ismert, hogy a fémfázis közelében a vas(II) -, távolabb pedig a vas(III) -ionok túlsúlyban a rozsdában. Ráadásul az $\text{Fe}(\text{OH})_3$ könnyen vesz vizet, ezért szokás a rozsdá összetételét $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ alakban megadni. (Olykor azonban találkozhatunk az $\text{FeO}(\text{OH})$ felírással is.) Érdemes a következő adatsort szemügyre venni: $V(\text{Fe}) = 7,11 \text{ cm}^3/\text{mol}$, $V(\text{FeO}) = 12,5$, $V(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 14,1$, $V(\text{Fe}/\text{OH})_2 = 26,43$, $V(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 30,42$, $V(\text{Fe}/\text{OH})_3 = 34,25$ és $V(\text{Fe}/\text{OH})_{3,3} \text{ H}_2\text{O} = 44,8 \text{ cm}^3/\text{mol}$. (Ezeket az adatokat a relatív móltömegekből és sűrűségekből számoltuk [5], vagy átvett értékek* [6].

Hangsúlyozni kell, hogy a korrózió öngerjesztő folyamat, hiszen a korróziós galvánelemek ionokat termelnek, következésképpen a fémfázis határretegében az elektromos vezetés állandóan növekszik. Ha még ehhez társulnak a környezetből behatoló ionok (Cl^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} stb.), a víz pedig növeli ezek mozgékonyágát, akkor a korróziós termék mennyisége és összetétele változik, aminek következményeként a betonmátrixban a rozsdá egyre fokozódó belső mechanikai feszültségeket gerjeszt, ugyanúgy, ahogyan a kikristályosodó ettringit is.

A kloridionok behatolásának és felszaporodásának – az acélbetétek határfelületén további negatív hatása az, hogy a vas(II) -ionokkal viszonylag jól oldódó hidroxikloro- vas(II) -komplexekeket képeznek, ezért tovább fokozzák a betonacél korrózióját.

Következtetések

A hagyományos betonokban, de különösen a heterogén cementekkel (a szennyezettsgük és a viszonylag nagy alkálifémion-tartalmuk

miatt) készített keverékekben elkerülhetetlenül bekövetkeznek a tárgyalt fizikai és kémiai folyamatok, különösen akkor, ha a környezetből nedvesség, rácsidegen ionok és molekulák is bejutnak. (Egy átfogóbb összefoglalást a betonról és avarbetonról 1. [7].)

Igencsak sajátos következménye van a víz bejutásának, minthogy mennyisége állandóan ingadozik. Természetszerűleg bizonyos függés van pl. az időjárásviszonyoktól, a különféle csapadékoktól, az útsózástól, a hőmérséklet- és a nyomás-változásoktól, sőt az acélbetétek korrózióját az elektromos kóbor áramok is befolyásolhatják.

A tárgyaltakból következik, hogy minél több idegen anyag kerül be a betonmátrixba, a folyamatok annál több rácshibát, majd repedést és végül felhasadozást okoznak. Következésképpen a beton egyre átjárhatóbbá válik. A savanyodás komplex folyamata következtében előbb vagy utóbb beindul és felgyorsul a két *leghatékonyabb mátrixroncsoló folyamat, az acélbetétek korróziója és az ettringit kikristályosodása.*

A korszerű, nagyteljesítményű betonok tömörsége (a v/c-hányados alacsony értéken tartása és a különféle mikroszilikátok alkalmazása) miatt eleve csökken az idegen anyagok bejutásának a mértéke és veszélye, mert e szuperbetonok permeabilitása (= átjárhatósága) kicsi.

Összefoglalás

Egy új [4] közlemény kapcsán megkíséreltük összefoglalni, hogy a vasbeton-szerkezetekben milyen okokra vezethető vissza a betonmátrix savanyodása, és az ettől eltérő alkálszilikát-reakció, hogyan zajlik az elkarbonátosodás, az ettringit elsődleges és másodlagos képződése, illetve kikristályosodása, valamint az acélbetétek korróziója. Ez utóbbinak a terméke a rozsda, miért tekinthető a legve-

szélyesebb következménynek a betonmátrix károsodása szempontjából.

Törekedtünk arra is rámutatni, hogy milyen sajátos, többszörös szerepe van a víznek a betonmátrix kialakulásában, majd a megszilárdulás után, használat közben, a viszonylag lassan bekövetkező fizikai és kémiai folyamatokban.

A legfontosabb tanulság alighanem az, hogy a vasbeton-szerkezetek tartósságának kulcsa a nagyteljesítményű, szuperbetonok alkalmazásában van. Az ilyen összetételű, tömör betonmátrix kicsiny átjárhatóságánál fogva ezek a roncsolódáshoz vezető folyamatok sokkal lassabban következhetnek be. Következésképpen a szuperbetonok többletköltségét messze meghaladja az élettartam növekedésében és a fenn tartási – karbantartási költségek csökkenésében jelentkező haszon.

Irodalom

- [1] Clark, L.: Concrete Education in a changing world. January 2000, CONCRETE, pp. 24-25
- [2] Greenwood, N. N., Earnshaw, A.: **Az elemek kémiája, I. kötet.** Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1999, pp. 459 és Baes, C. F., Mesmer, R. E.: The Hydrolysis of Cations. John Wiley & Sons, New York, 1976, pp.337
- [3] Balázs Gy.: **Építőanyagok és kémia.** Műegyetemi Kiadó, Bp. 1994, pp. 221
- [4] Stark, J., Bollmann, K.: Ettringitbildung im erhärteten Beton – ein oder kein Problem? BETON UND STAHLBETONBAU, 95 (2), 104 (2000)
- [5] D'Ans*Lax: Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Springer, Berlin, 1967, pp. I-336
- [6] The role of corrosion inhibitors in high performance concrete. FIP Symp. '97, Johannesburg, pp. 659 (* ennek 1. ábrájából interpolált értékek)
- [7] Szalay T.: A beton és a vasbeton a kémia és az elektrokémia tükrében. A KÉMIA TANÍTÁSA, VII (5), 3 (1999)

Baloghné Vámos Mária – Dániel Péterné – Tóth Albertné

A kémiaoktatás lépései a minőségbiztosítás felé

„Jót s jól! Ebben áll a nagy titok.”

Kazinczy Ferenc

A minőségbiztosítás mint fogalom és mint tevékenység egyre nagyobb hangsúlyt kap az oktatásban is. Tantestületünk – Irinyi János Élelmiszeripari Középiskola és Gimnázium Debrecen – 1996-ban döntött arról, hogy minőségbiztosítási rendszert vezet be, ill. alkalmaz az iskola működtetéséhez, mely minden munkaterületre kiterjed, és megteremti az összhangot az egységek között. A rendszerben kétkedőknek bizonyára alapos okuk volt/van, az ellenállásra: miért kellene bevezetni egy új – felduzzasztottnak látszó – módszert, ha intézményük sikeres, beiskolázásuk jó, tanulmányi eredményeik nagyszerűek? A választ a minden napok adják meg: ha az intézmény működése jó, akkor az értékek megőrzése érdekében, ha nem, akkor a javulás, a talpon maradás miatt. A piacgazdálkodás térhódításával egyre több területen és egyre gyakrabban mérettetik meg egy-egy munkahely, s a felkészületlenségből, a nem (megfelelően) kezelt problémákból, hiányosságokból és hanyagságból eredő hibák az iskola egészét veszélyeztethetik. Tekintsük át, az utóbbi 40 évben hogyan változott a minőség jelentéstartalma, illetve hogyan változott a minőség megvalósításának módszere. (1. ábra)

A minőségbiztosítás kifejezésben – napjainkban – a „minőség” szót a termékre, a „biztosítás” szót az előállítás (gyártás) képzés folyama-

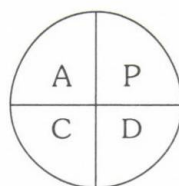
tára vonatkoztatjuk. Kazinczy Ferenc – korunkat jóval megelőzve – fogalmazza meg és tanítja:

„Jót s jól!”

Szakközépiskolai mivoltunkból is adódott az ipari termelés, a termelés-irányítás, a minőségi áru-előállítás kritériumainak ismerete, így nem volt idegen számunkra, hogy az iskolai élet optimális működése mekkora (milyen) körülményekkel, (cél)tudatossággal szervezhető meg. A termelés-irányítás legmagasabb szintje a szabályozás.

Részfolyamatai: átalakítás, mérés, összehasonlítás, visszacsatolás-korrektúra.

Zárt hatásláncát a műszaki életben a 4. ábra szerinti jelképi jelöléssel, a minőségbiztosításban a PDCA ciklussal szokás illusztrálni.



P Plan! (Tervezd meg!)

D Do! (Hajtsd végre!)

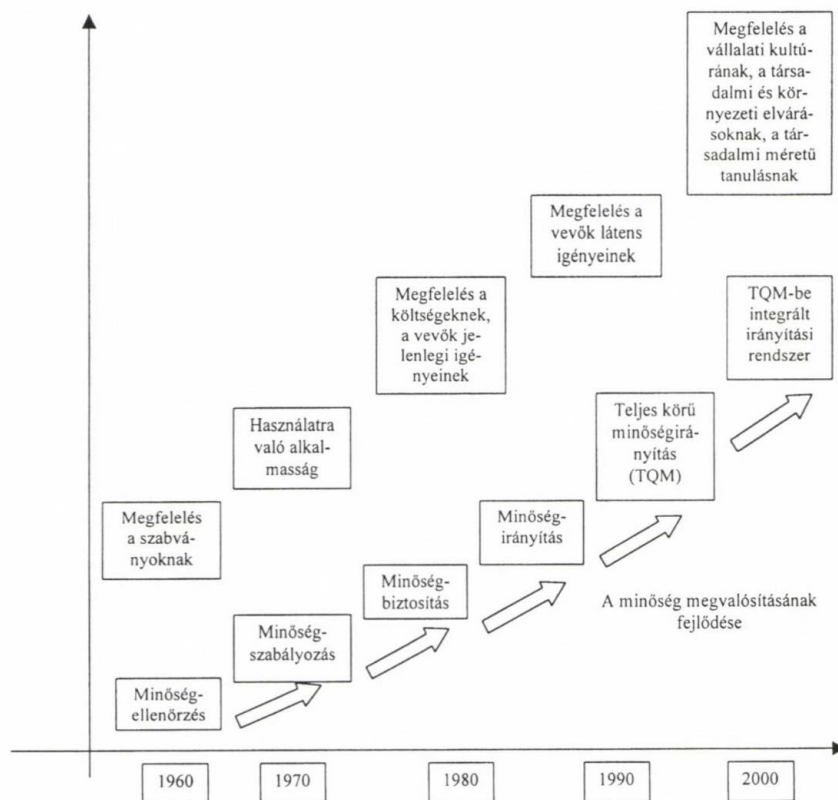
C Check! (Ellenőrizd!)

A Act! (Avatkozz be!)

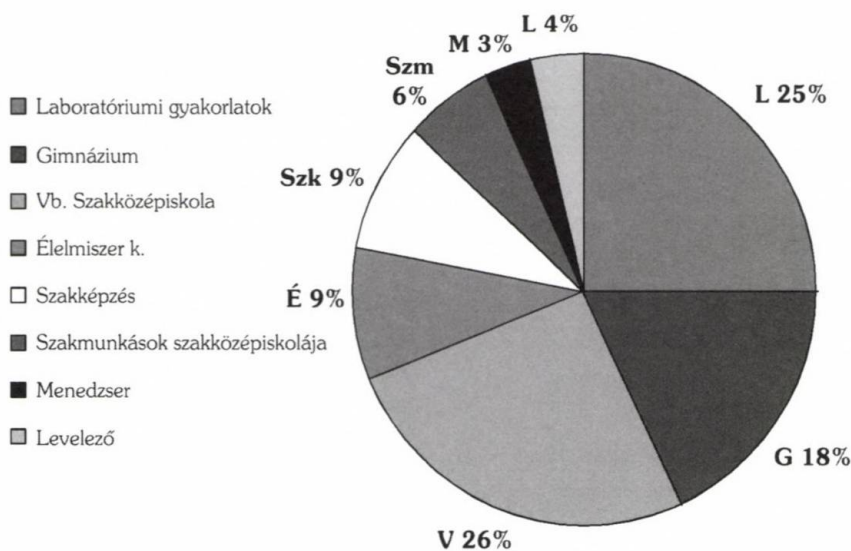
Minél nagyobb létszámú, minél összetettebb, funkcionálisan sokoldalúbb egy munkahely, annál nehezebb megszervezni, végrehajtani a kifogástalan munkát. Csak kémiából 8 különböző célú, tematikájú képzés folyik iskolánkban! (2. ábra)

„Az életet hiába hasonlítjuk cipőhöz, vagy vegytisztító intézethez, mégiscsak másért örülünk neki.”

József Attila



1. ábra



2. ábra

A kémiaórák tagozatonkénti megoszlása iskolánkban

A termelésből megismert szabályozási folyamat éppen ezért (lényegesen) módosul.

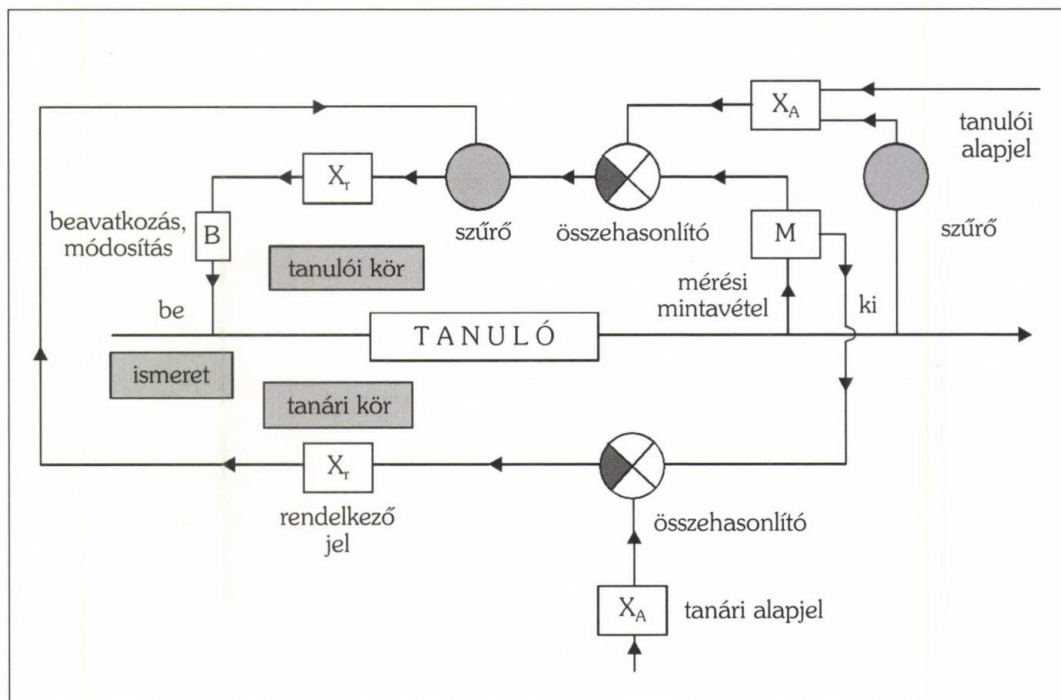
Oktatásunkban a minőségbiztosítás alatt azt a folyamatosan fejlesztett tanári munkakultúrát értjük, amely tanítványaink – adottságaiknak megfelelő – legnagyobb mértékű fejlődését szolgálja. Az oktatás (ún. PDCA ciklus) tervezés, tanítás-tanulás, ellenőrzés, módosítás lépésekben foglалható össze.

Ennek illusztrálására egy termelési szabályozó kört vettünk alapul, amelyet a tanítási-tanulási folyamat sajátosságainak figyelembevételével fejlesztettünk tovább. (3. ábra)

A tanulási ciklus középpontjában a tanuló áll, aki gondolkodó élőlényként saját személyiséggel, adottságokkal, célokkal és környezettel rendelkezik.

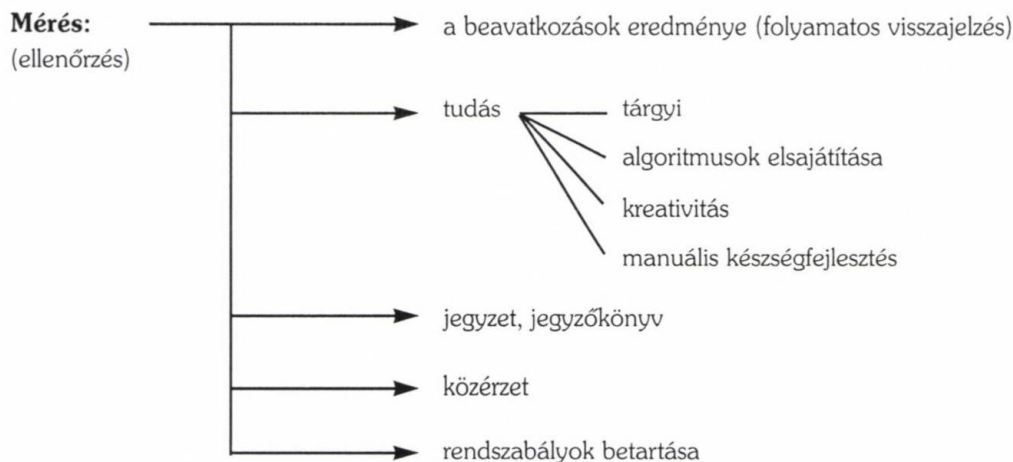
A tanulási folyamat során két szabályozási kör érvényesül együttesen; az egyik a tanu-

lóé, amely önállóságában egyre dominánsabb a képzés előrehaladtával, a másik a tanáré, amelynek garantálni kell a kimeneti célokban megfogalmazott minőséget. A két kör közös eleme a tanuló megméréstetése, amelynek értékelése más és más, a tanári ill. a tanulói alapjelképzéstől függően. A módosító lépéseket meghatározó szemlélet is különböző. Ennek okai: eltérő felelősségvállalás, eltérő környezet, más életkor és tapasztalat. A tanár módosító lépéseit a tanuló saját értékrendje szerint „megszűri”, tehát a tanár indirekt módon tud a tanulási ciklusba beavatkozni, mert minden cselekvési programjának megvalósulása a tanuló döntésétől függ. A minőségbiztosítás feladata az oktatásban éppen az, hogy a tanár és a tanuló együttműködésével haladjon megfelelő irányban a tanulási folyamat.



3. ábra
A tanulási folyamat szabályozási ciklusa

A folyamat(ábra) fontosabb egységei:



Alapjelképzés

a) Szempontjai (meghatározó tényezők):

- Országos standardok
- Pedagógiai program (szülői, tanulói közérzet
– minimum és optimum szint)
- Differenciált képességek figyelembe vétele

b) Módjai:

- motiváció
- tanulóhoz (csoporthoz) igazodó többszintű feladat – feladatlapok – összeállítása
- rendszerezés
- sokrétűség az összetett feladatok koncentrikus tárgyalása és számonkérése
- kísérletek komplex elemzése
- szóbeli felelet, kiselőadás
- rugalmasság, meggyőzés
- saját (tanári) siker- és kudarcélmények

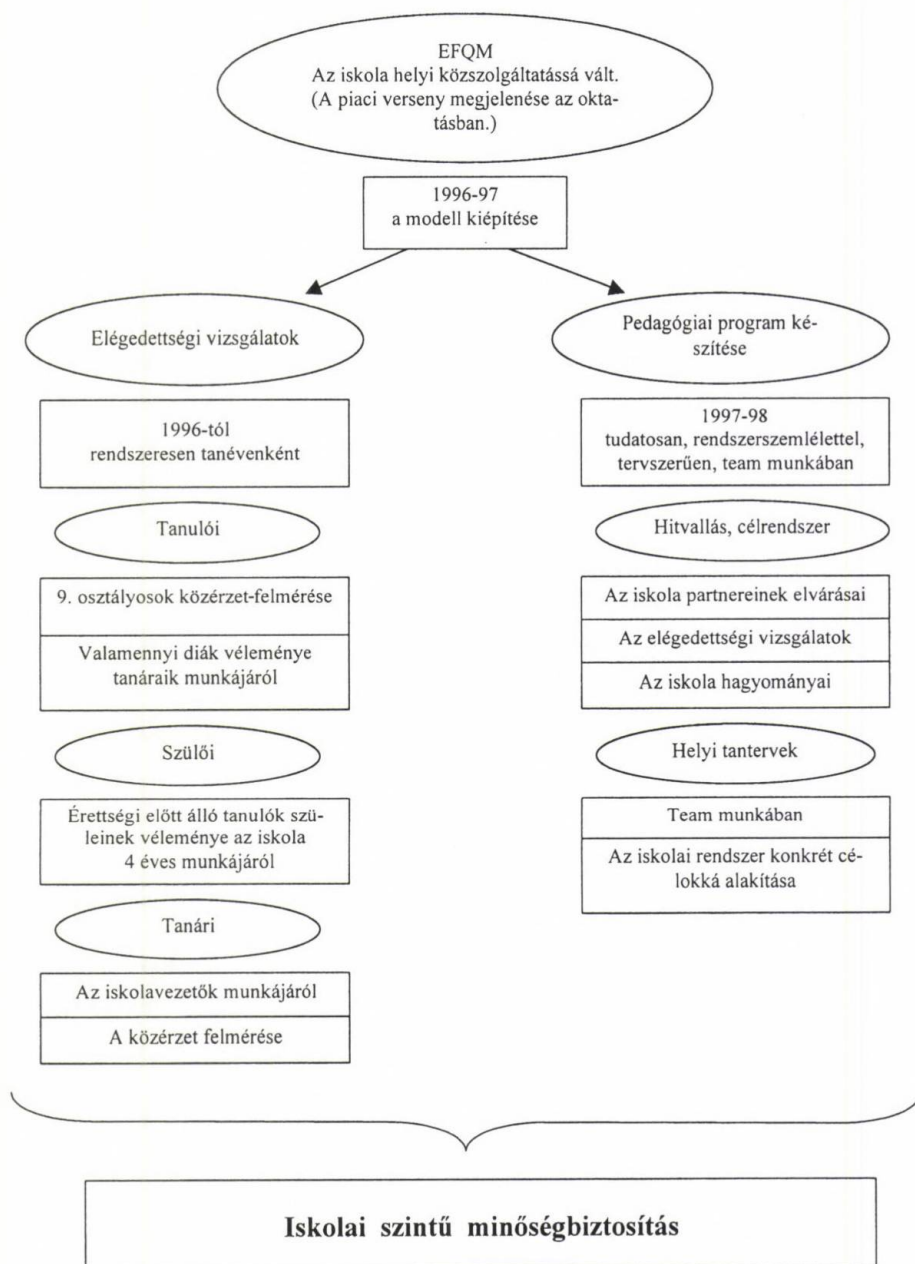
Beavatkozási módszerek

(órán és tanórán kívül)

- cselekedtetés (üzemlátogatás, tanulókísérlet, Internet, könyvtár, ügyeleti munka)
- önállóság fejlesztése (kutatómunka, házi dolgozat)
- módszerváltás tanórán
(pl. meghökkentés, tanulópárok, tallózás a szakirodalomban)
- érdemjegy, szöveges értékelés
- szülői levél, fogadóóra, szülői értekezlet

Az iskola minőségbiztosítási rendszerében a kémia csak az egyik terület. Részleteiben való kimunkálásra akkor kerülhetett sor, amikor az egész iskola áttekinthetővé vált, az egész intézményre elkészült.

Ezt mutatja be az iskolai szintű minőségbiztosítás modellje.



Dániel Péterné

Az EFQM-modell bevezetésének hatása a debreceni Irinyi Középiskolában folyó pedagógiai munkára*

Az EFQM-modell bevezetésének okai

A gazdasági átalakulás hatása a szakképzésre

A rendszerváltást követő gazdasági átalakulás a gyakorlati élethez legközelebb álló oktatási intézményeket, a szakképzőket érintette legjobban. Nem véletlen tehát, hogy az útkeresés, a megújulási igény ezekben az iskolákban jelentkezett legelőször.

A „világbanki” iskola-modell

Az „Emberi erőforrások fejlesztése” projekt keretében 61 iskola – köztük az Irinyi Középiskola is – kezdte meg az új igényeknek megfelelő szakképzési modell kidolgozását. Az 1991-től 1997-ig tartó munka legfőbb pozitívumai, hogy a tanárok

- külföldi tanulmányutak keretében ismerkedhettek meg a munkaerőpiachoz rugalmasan alkalmazkodó szakképzési modellekkel;
- szakértők irányításával sajátíthatták el a tantervfejlesztő munka szabályait;
- menedzserkurzusok keretében tanulhatták meg az iskolavezetés új feladatait;
- megismerhették a minőségbiztosítás különböző formáit és azok jelentőségét.

Az Irinyi középiskola helye a szakképzés korszerűsítési folyamataiban

Az iskolatörténet dióhéjban

Iskolánk 1952-ben épült. Alapításától kezdve a térség gazdasági igényeihez próbált alkalmazkodni. Ennek megfelelően szerkezetét

és profilját tekintve 3 jól elkülöníthető szakasz fedezhető fel:

1952 – 1967 Dohányipari Technikum,
1968 – 1990 Irinyi János Élelmiszeripari Szak-
középiskola és Szakmunkásképző Intézet,
1991-től Irinyi János Élelmiszeripari Középisko-
la és Gimnázium.

Az intézmény közel 50 éves történetét a folyamatos fejlesztés jellemzi. A munkaerőpiac-
cal való szoros kapcsolatának köszönhetően
a tartalmi korszerűsítés és a szerkezetváltás
szükségességét mindig a legelső között ismer-
te fel.

Miért pályáztunk az EFQM bevezetésére 1995-ben

- A világbanki modellnek megfelelő szerkezet-
átalakítás befejeződött. A korábbinál széle-
sebb műveltségi alapot nyújtó képzéseket ve-
zettünk be. Az új lehetőségekben kerestük
azokat a módszereket, amelyek segítségével
a kitűzött célnak megfelelő eredményeket tu-
dunk garantálni az iskolánkat választó tanu-
lók számára.
- Az oktatási intézmények között kialakult és fo-
kozatosan növekvő verseny miatt felismertük
az iskolánkról kialakult kép fokozatos javításá-
nak szükségességét. Világos volt számunkra,
hogy a hagyományos mérési adatok – pl. fel-
sőoktatásba felvettek aránya, országos verse-
nyeken elért eredmények stb. – csak egy szűk
területről nyújtanak információt. Kutattuk te-
hát azokat a mérési lehetőségeket, amelyek is-
kolánk célrendszerének való megfelelésünket
jobban kifejezik.

* Elhangzott a Minőségoktatók Konferenciáján (2000.) Szent István Egyetem, Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar

A rendszer kiépítésének főbb mozzanatai

Pályázatunk az EFQM bevezetésére

1995-ben a Nemzeti Szakképzési Intézet pályázatot hirdetett a szakképző intézmények számára a svájci Frey Akadémie által kidolgozott EFQM modell magyarországi adaptálására. Hat szakképző intézmény – köztük a mi iskolánk is – nyerte el a modell bevezetési jogát, majd a következő években 12-12, azaz összesen 30 magyar iskola kezdhette el a rendszer kiépítését.

Az EFQM-modell

Lényege

Olyan önértékelésen alapuló módszer, amely az iskolai munka egészére, a folyamatokra, az eredményességre, a pedagógusokra, a szülőkre, a diákok elégedettségére egyaránt kitér.

Módszere

Rendszerbe foglalt szempontok alapján átfogóan és rendszeresen vizsgálni az adott iskola működésének minden területét 9 kritérium alapján.

Célja

Feltárni az értékeket, a hiányosságokat és meghatározni a fejlesztendő területeket.

Haszna

- az iskolák tevékenységét összehasonlíthatóvá teszi
- olyan eszköz az iskolavezetés számára, amely lehetővé teszi az egész iskolát átfogó minőség rendszeres fejlesztését
- megmutatja a javítandó területeket
- megalapozott döntéseket tesz lehetővé

Az EFQM iskolánkban való bevezetése

Résztvevők

Az NSZI két szaktanácsadót jelölt ki iskolánk munkájának segítésére. A tantestületből 2x5 fős értékelő csoportot alakítottunk ki. Mindkét csoportban az iskolai hierarchia valamennyi képviselője helyet kapott. Az értékelők 3 napos felkészítő tanfolyam keretében készültek a feladatokra.

Az értékelést minden kollega egymástól függetlenül végezte. Véleményüket először egymással, majd a külső szakértővel ütköztették.

Eredményeink

A 9 kritériumból legjobb eredményt a politika és stratégia 93% a folyamatok 91%, a vezetés 89% és az ügyfelek elégedettsége 88% terén értünk el.

Leggyengébb a teljesítményünk az eredmények 60%, az emberi erőforrások 70% és az alkalmazottak elégedettsége kritériumokban.

Intézkedési terv

Az eredmények elemzése után intézkedési tervet készítettünk. Ebben olyan javítandó területeket jelöltünk ki, amelyek több kritériumnál is előforduló hiányosságként jelentkeztek (pl elégedettségi vizsgálatok).

Az EFQM bevezetésének hatása iskolánkban

Szemléletváltozás a tantestületben

Rendszerszemlélet kialakulása

Az iskolai folyamatok és eredmények részletes vizsgálata fokozatosan rávezette tanárainkat arra, hogy az iskolát mint egészet vizsgálják. Az éveken át csak a saját tantárgyukban gondolkodó tanárok látásmódja kiszélesedett, egyre tudatosabban vizsgálják az egyes tantárgyak és az egész iskola eredményeinek kapcsolatát.

A rész és az egész viszonyának helyes értelmezése a reális önértékelés lehetőségét teremtette meg.

Világos célmeghatározás

Az iskolai és tantárgyi célok központi kijelölése a pedagógiai program bevezetésével (1998) megváltozott. Minden iskolának lehetősége nyílt arra, hogy olyan vonzó, a térség igényeinek megfelelő célokat tűzzön maga elé, amelyek a partnerek elégedettsége mellett megvalósíthatók.

Iskolánkban az EFQM bevezetését követő szemléletváltozásnak köszönhető, hogy a tantestület valamennyi tagja bekapcsolódott ebbe a munkába. A célokat a partnerek igényeire ala-

pozva a kimeneti követelmények figyelembevételével és a teljesíthetőséget szem előtt tartva készítették el.

Tudatos tervezés

A tantárgyakban való gondolkodás iskolai szintűre való kiterjesztése összehangoltabb tervező munkát tesz lehetővé. A tantestület képesé vált a hosszú és rövid távú célokhoz konkrét feladatokat rendelni. Tudatosabbá vált az egyes tanárok feladatainak és az iskola egész feladatrendszerének viszonya.

A dokumentálás szükségességének elfogadása

A pedagógusokat mindig riasztotta az adminisztráció. A minőségbiztosítási rendszer kiépítésénél sem történt ez másképp. Kezdetben túl soknak tűnt az írásbeli munka, de később kiderült, hogy ennek jelentős részét korábban is elvégeztük, csak nem ilyen rendszerbe foglalt szempontok alapján.

A kritika elfogadása

Először a tantestület több, mint fele fenntartással fogadta a diákok elégedettségi vizsgálatát. Az első felmérés után csökkent a kételkedők aránya, de még mindig jelentős volt. 5 év után már csak néhány kolléga kételkedik a diákok vélemények realitásában.

A gyengébb osztályzattal értékelt pedagógusok ma már nem sértődéssel reagálnak az eredményre, ha nem önvizsgálattal, módszertani megújulással igyekeznek változtatni megítélésükön. A jó eredményt elérő tanároknak erkölcsi támogatást és olyan motivációt jelent tanítványaink elismerése, amely átsegíti őket az iskolai életben zajló nehézségeken.

A tanári önértékelés pozitív hatásának felismerése

A hagyományos iskolai hierarchiában a tanárok munkáját az igazgató, a diákok munkáját a tanárok értékelik. Az utóbbi időben – különösen a magatartás, szorgalom jegyek megállapításánál – egyre nagyobb hangsúlyt kap a diákok önértékelése. A tanárok önértékelésének szükségességére a minőségbiztosítási rendszer irányította rá a figyelmet.

Jó közérzet a diákközösségben

Tanár-diák viszony változása

A diákok partnerként való kezelése már korábban elkezdődött iskolánkban. Az EFQM bevezetése tudatosította a hagyományos kapcsolat változtatásának szükségességét. Rámutatott arra, hogy a tekintélyelvű tanárok munkája napjainkban kisebb eredményre vezet, mint a diákok jó közérzetét is fontosnak tartó pedagógusé. A diákok büszkéek arra, hogy őket partnereknek tekintik ebben az iskolában, csak elenyésző a lehetőséggel visszaélők száma.

Az önértékelés fejlődése

Az elégedettségi vizsgálatok a tanulók jogainak növekedéséhez vezettek. A tantestület fenntartása épp ebből adódott. A legtöbb tanár nem bízott a diákok reális értékelésében, nem hitte el, hogy képesek lesznek önértékelésre alapozva megítélni tanáraik munkáját.

Tapasztalataink viszont azt bizonyítják, hogy a diákok meglepően reálisak, kellő komolysággal végzik a kérdőívek kitöltését, és igénylik a visszajelzést az eredményről.

Az iskoláról kialakított kép javulása

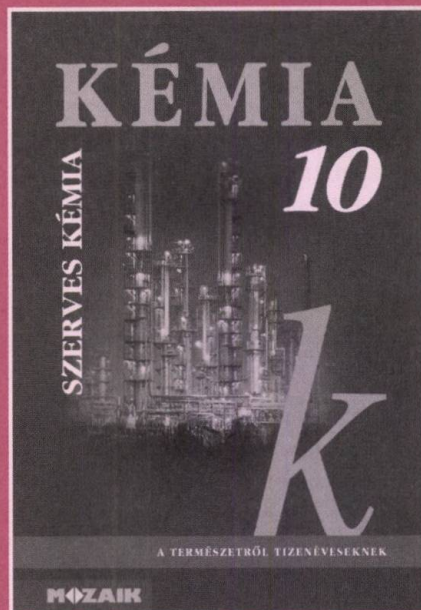
Tanulóink közérzetének javulása iskolánk népszerűségének növekedéséhez vezetett. Ugrásszerűen megnőtt az iskolánkba jelentkező 8. osztályosok száma, s a válogatási lehetőség a tanulmányi színvonal emelkedését eredményezte.

Terveink

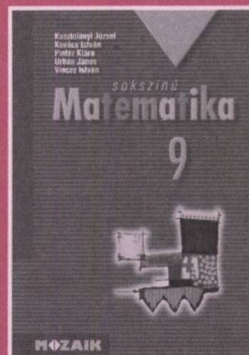
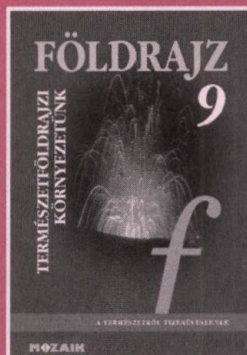
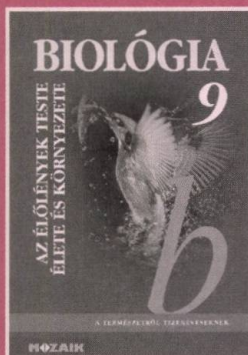
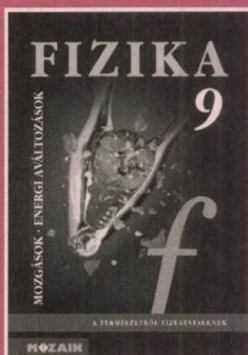
Szembenézve az iskola erősségeivel és gyengeségeivel tantestületünk úgy döntött, hogy a Comenius 2000. II. intézményi modell bevezetésére pályázatot nyújt be az Oktatási Minisztériumhoz. A pályázati támogatás elnyerése után az NSZI szakértőinek irányítása mellett kezdtük el a munkát. Az új modellben maximálisan támaszkodni szeretnénk az eddig elért eredményeinkre, s a 2003-ig tartó munkában erősíteni szeretnénk a pozitív tendenciákat.

**A TERMÉSZETRŐL
TIZENÉVESEKNEK**
**A NÉPSZERŰ SOROZAT ÚJABB
KÖTETEKEL BŐVÜLT**

Megjelentek a tankönyvcsalád
6. és 10. évfolyamos kötetei:
a Természetismeret 6., az Egészségtan
modul 6., a Földrajz 10., Fizika 10.,
Kémia 10. és a Biológia 10. tankönyvek.
Az általános iskolai tankönyvekhez
munkafüzetek és tudásszintmérő
feladatlapok kapcsolódnak. A tantervek és
tanmenetek a kiadó honlapján található
meg. A tankönyvcsalád kiemelkedő
színvonalát ez évben is rangos versenyen
ismerték el: elnyerte
a Szép Magyar Könyv 2001 Verseny
tankönyv kategória díját.



A SZÉP MAGYAR KÖNYV 2001 VERSENY DÍJNYERTES KÖTETEI



MOZAIK KIADÓ

Levélcím: 6701 Szeged, Pf. 301.

Telefon: (62) 470-101, Fax: (62) 554-666

E-mail: kiado@mozaik.info.hu

MOZAIK KÖNYVESBOLT

1082 Budapest, VIII. Üllői út 70., Tel.: 31-42-612

www.mozaik.info.hu

MOZAIK
www.mozaik.info.hu



Variációk két elemre

(Kovács Máté)

Kémia mindenhol

(Dr. Szalay Tibor)

Tanítsuk vagy ne tanítsuk
a Markovnyikov-, illetve az
anti-Markovnyikov-szabályt?

(Dr. Makleit Sándor)

Környezetvédelem
a kémikusok háza táján

(Dr. Galbács Zoltán)

X. ÉVFOLYAM 2002

5

A KÉMIA TANÍTÁSA

módszertani folyóirat

Szerkesztőség:

Főszerkesztő:

Dr. Adamkovich István

A szerkesztő munkatársai:

Kószó Katalin

Németh Veronika

Dr. Tóth Zoltán

Szerkesztőség címe:

6723 Szeged, Debreceni u. 3/B

Tel.: (62) 470-101,

FAX: (62) 554-666

Kiadó:

MOZAIK Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Török Zoltán

Tördelőszerkesztő: Forró Lajos

Borítóterv: Deák Ferenc

Megrendelhető:

MOZAIK Kiadó Kft.

6701 Szeged, Pf. 301

Éves előfizetési díj: 1100 Ft

A lap megvásárolható a

MOZAIK Könyvesboltokban:

Budapest VIII., Üllői út 70.

Megjelent az Oktatási

Minisztérium támogatásával.

A Kémia Tanításában megjelenő valamennyi cikket szerzői jog védi. Másolásuk bármilyen formában kizárólag a kiadó előzetes írásbeli engedélyével történhet.

ISSN 1216-7576

Készült

az Innovariant Kft.-ben, Szegeden

Felelős vezető: Drágán György

TARTALOM

Variációk két elemre

Kovács Máté, Veszprémi Egyetem Mémnöki Kar,

vegyész szak

Kémia mindenhol

Dr. Szalay Tibor nyugalmazott egyetemi tanár, DE

Tanítsuk vagy ne tanítsuk a Markovnyikov-,

illetve az anti-Markovnyikov-szabályt?

Dr. Makleit Sándor professzor emeritus,

Debreceni Egyetem, Szerves Kémiai Tanszék

Környezetvédelem a kémikusok háza táján

Dr. Galbács Zoltán egyetemi docens,

SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék

Természetvédelem, környezetvédelem,

egészségvédelem

Pigler Edit szakértő, OKSZI

Közlési feltételek:

A közlésre szánt kéziratokat gépelve (két példányban), floppy lemezen vagy e-mailen (kattila@mozaik.info.hu) küldjék meg a szerkesztőség címére. A kéziratok lehetőleg ne haladják meg a 8-10 gépelt oldalt (oldalanként 30 sorban 66 leütés). A rajzokat, ábrákat, táblázatokat és fényképeket külön lapon megfelelő szövegezéssel kérjük ellátni. (A szövegrészben pedig zárójelben utaljanak rá.)

Kérjük, hogy a szövegbeli idézetek név- és évszámjelöléssel történjenek, míg a tanulmányok végén a felsorolt irodalom alfabetikus sorrendben készüljön. Kérjük szerzőtársainkat, hogy a kéziratok beküldésével egyidejűleg szíveskedjenek közölni pontos címüket, munkahelyüket és beosztásukat. A cikk megjelenése után a lemezeket visszaküldjük.

Kovács Máté

Variációk két elemre



Fecskendő kísérletek nitrogén-oxidokkal

Bevezetés

Öt évvel ezelőtt kezdődött el a műanyag injekciós fecskendők intenzív felhasználása a kémiaoktatásban. Gázok előállításához és reakcióik szemléltetéséhez kiválóan alkalmasak a gumitömítéssel rendelkező fecskendők. Viktor Obendrauf technikája és kísérletei jelentősen megkönnyítik a tanításhoz szükséges, gázokkal folytatott kísérletek elvégzését. [1] Ennek az új módszernek Magyarországon is egyre több követője akad, és a speciális eszközök is beszerezhetővé válnak. A fecskendő kísérletek néhány előnye:

– a gázokat kis mennyiségben, kevés reagens felhasználásával állíthatjuk elő,

- a gázfejlesztés zárt térben történik, nem szükséges elszívófülke használata,
- a kísérletek időigénye alacsony,
- a felhasznált eszközök olcsók,
- biztonságos.

Ebben a cikkben a nitrogén-oxidokkal végezhető kísérleteket gyűjtöttem össze, különösen kiemelve a nitrogén-monoxid előállítását és reakcióit.

Nitrogén-oxidok az oktatásban

A klasszikus, rendszerint különleges alakú üvegeszközöket és a sok vegyszert igénylő kísérletek háttérbe szorulnak a kémiaórákon. A legismertebb nitrogén-oxidokat és fizikai tulajdonságait az 1. táblázat tartalmazza. Oktatási szempontból a legkisebb szerepet a dinitrogén-

Név, képlet	N ox. száma	Van-e magányos e^- -ja	Fizikai tulajdonságok (hőmérséklet adatok: °C)
Dinitrogén-monoxid (N_2O)	+1	–	színtelen gáz Op.: –90,86 Fp.: –88,48
Nitrogén-monoxid (NO)	+2	+	színtelen gáz Op.: –163,6 Fp.: –151,8
Dinitrogén-trioxid (N_2O_3)	+3	–	kék folyadék Op.: –100,7
Nitrogén-dioxid (NO_2)	+4	+	barna gáz, reverzibilisen N_2O_4 -dá dimerizálódik
Dinitrogén-tetraoxid (N_2O_4)	+4	–	színtelen gáz Op.: –11,2 Fp.: 21,15
Dinitrogén-pentaoxid (N_2O_5)	+5	–	színtelen, ionos, szilárd 32,4 °C-on szublimál

1. táblázat
Néhány nitrogén-oxid és fizikai jellemzőik

pentaoxid kapja. Ennek az ionkristályos vegyületnek az előállítása és tárolása meglehetősen nehézkes iskolai körülmények között. A többi nitrogén-oxiddal végezhető kísérlet sem népszerű, melynek főbb okai, hogy a nitrogén-oxidok mérgezőek, illetve tiszta előállításuk körülményes. Ezen problémákat a fecskendő technikával oldhatjuk meg. A nitrózus gázok jól ismert előállítása a fém rézre való salétromsav csepegtetése. Tömény salétromsavból nitrogén-dioxidban, közepesen töményből nitrogén-monoxidban dúsabb gáz nyerhető. Fecskendő gázfejlesztőben ez egyszerűen és gyorsan megvalósítható. [1] Az előállított gáz viszont nem tiszta, mindig nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid keveréke, ami még hidrogént is tartalmazhat. A gázkeverékből a nitrogén-dioxidot vízzel való mosással távolíthatjuk el. A nitrogén-monoxid előállítását az is zavarja, hogy a levegő oxigénjével pillanatszerűen egyesül vörösbarna nitrogén-dioxiddá, ezért egy gázfejlesztőből addig nem távozik tiszta, szintelen nitrogén-monoxid, míg a légtérből el nem fogy az oxigén, és ki nem szorította a kis mennyiségben is intenzív színt adó nitrogén-dioxidot. Nitrogén-monoxidból kiindulva előállíthatunk nitrogén-dioxidot, dinitrogén-trioxidot és dinitrogén-tetraoxidot is. Utóbbi kettő egyensúlyi reakcióban keletkezik, melyekkel a gáz-gáz, és gáz-folyadék egyensúlyokat is szemléltethetjük. [2]

Kísérletek nitrogén-monoxiddal

A fecskendő gázfejlesztés kiválóan alkalmas a nitrogén-monoxid előállítására, mivel zárt rendszert biztosít – így akadályozva meg az oxigénnel való reakciót. Tiszta nitrogén-monoxidot nátrium-nitrit és kénsavas vas(II)-szulfát-oldat reakciójával tudunk tisztán előállítani. Mivel az első kísérletekhez nem szükséges teljesen tiszta nitrogén-monoxid, de fontos, hogy a gáz ne tartalmazzon nitrogén-dioxidot, célszerű a kémcsőből – melyben a gázfejlesztés

történik – eltávolítani az oxigént. Erre a célra tökéletesen megfelel a bután, mivel könnyen hozzáférhető, mint öngyújtótöltő-gáz és a kísérleteinket sem zavarja. Nagy hátránya, hogy tűzveszélyes. A butánt közvetlenül a kémcső aljára kell vezetni, melyhez egy gázbevezető csőre van szükségünk.

A nitrogén-monoxid előállítása

Gázbevezető kialakítása:

Anyagok és eszközök: 1,2/40 mm tű, kb. 20 cm hosszú kéteres vezeték, csatlakozó csövecskék a butánpalackhoz (ezekkel lehet a különböző töltőnyílású öngyújtókhoz csatlakoztatni), csipesz.

A kéteres vezetéket válasszuk ketté, az egyik felének végéről távolítsuk el egy rövidebb darabon a szigetelést. Csipesz segítségével szálanként (!) húzkodjuk ki a láthatóvá vált rézdrótot. Az üres szigetelést húzzuk rá a tű hegyére (ügyeljünk a gáztömör csatlakozásra!). Az egyik csatlakozó közbeiktatásával kapcsoljuk össze a bután palackot a tű Luer-végével. Ha egyik csatlakozó sem szorítható a tű műanyag részébe, a gáztömör csatlakozást a műanyag részek összeolvasztásával biztosítsuk.

A gázfejlesztés:

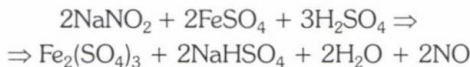
Anyagok és eszközök: peremes kémcső, dugó két tűvel (1,4/40 mm), 20 ml-es gumitömítéses fecskendő, 2 ml-es fecskendő, gázbevezető, bután palack, nátrium-nitrit, kristályos vas(II)-szulfát, kénsav.

Kivitelezés:

A folyékony reagens elkészítése: az oldat 1,8 M kénsavra és 1,2 M vas(II)-szulfátra nézve. Segítségül két variáció: 28 ml desztillált vízben oldjunk fel 13,5 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ -ot és adjunk hozzá 12 ml 6 M kénsavat vagy 36 ml vízben oldjunk a $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ -ot és 4 ml 96%-os kénsavval elegyítsük. [4]

A peremes kémcsövet kb. 2 cm magasságig töltjük meg nátrium-nitrittel, majd vezessünk

butánt az utántöltő-palackból a tű műanyag részének gyenge lenyomásával közvetlenül a kémcső aljára. 3-4 másodperc után további bután áramoltatása mellett húzzuk ki a csövet a kémcsőből és zárjuk le egy dugóval, melybe két tűt szúrtunk. Az egyik tűre a folyékony reagenst tartalmazó 2 ml-es fecskendő, a másikra a 20 ml-es fecskendő helyezük, melynek dugattyúfejét előzetesen bekentük szilikonolajjal (1. ábra). A kénsavas vas(II)-szulfát cseppenkénti adagolásával elindíthatjuk a gázfejlesztést, a 20 ml-es fecskendő dugattyúja lassan felemelkedik. Mivel a kémcsőben maradhatott kevés oxigén, az első 20 ml gázt egy aktív szeszes csőben kötjük meg. Ezután már csak a teljesen színtelen nitrogén-monoxid távozik a gázfejlesztőből.



60 ml gáz távozása után a butántartalom 3% alatti, míg oxigénmentesítés nélkül csak 80 ml után kapunk teljesen színtelen, nitrogéndioxidtól mentes gázt.

Hogy a fecskendő minél hosszabb élettartamú legyen, a gumitömítést minden kísérlethez kenjük be kevés szilikonolajjal, mely nemcsak véd, hanem a dugattyú könnyebb csúszását is elősegíti. Az igénybe vett gumifej felületéről finomszemcsés csiszolópapírral, majd acetonos ledörzsöléssel távolíthatjuk el a károsodott felszínt.

Adszorpció csövek készítése

(Viktor Obendrauf szerint) [1]:

Anyagok és eszközök: 10 ml-es fecskendő (HSW Normject), dugó egy tűvel (1,4/40 mm), darabos (2 mm szemcsenagyságú) aktív szén.

A fecskendő dugattyúját távolítsuk el, és töltsük meg aktív szénrel, majd zárjuk le a dugóval. Az adszorpció cső kétirányú: fecskendőhöz és tűhöz is csatlakoztatható. Más töltőanyagot használva a gázok szárítására is alkalmazhatjuk. Erre jól bevált a granulált foszfor-pentaoxid. Ebben az esetben gondoskodjunk a cső használá-

ton-kívüli légmentes lezárásáról: a tűvel rendelkező dugót cseréljük tű nélkülire, a fecskendő nyílását zárjuk le fecskendősapkával.

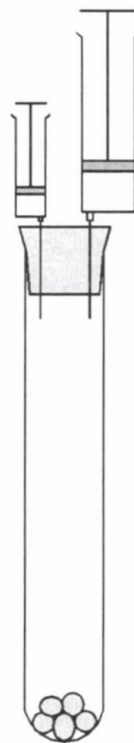
Oldatok reakciói nitrogén-monoxiddal

Ennél a kísérletnél két dologra kell ügyelnünk. Az egyik, hogy a reakciókhoz minél kevesebb nitrogén-monoxidot használjunk fel. Ezt az oxigénmentesítésnél használt eszköz átalakított változatával oldhatjuk meg. A másik, hogy megakadályozzuk a kémcsőben az oldat felett keletkező nitrogén-dioxid oldatba jutását. Ennek megoldására egy vékony hexán (de megfelel a sebben is) fedőréteget alkalmazhatunk.

Gázbevezető készítése oldatokhoz

(Viktor Obendrauf szerint):

Kialakítása hasonló, mint amit az oxigénmentesítésnél használtunk. (Itt az összekötőcső



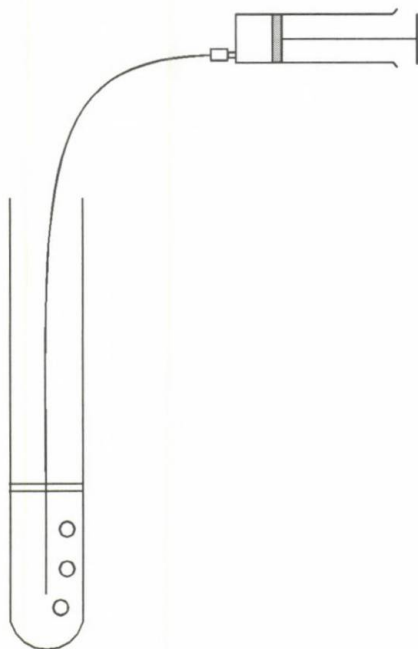
1. ábra
Fecskendős gázfejlesztő

nem kell!) A szigetelés tűvel ellentétes végét olvasszuk be egy öngyújtóval, majd egy másik tűvel az utolsó 1 cm-es szakaszra szurkálunk apró lyukakat. Ezzel különösen kicsi buborékokat képezhetünk az oldatban.

Kivitelezés:

Töltsünk meg egy fecskendőt nitrogén-monoxiddal, majd tegyük rá a gázbevezetőcsövet. A kémcsőbe kb. 1/3 részig öntsünk a reagens oldatból, majd rétegezzünk rá kevés hexánt (2. ábra). Kezdjük meg a gáz oldatba való áramoltatását.

Az el nem reagált nitrogén-monoxid a kémcső légterében nitrogén-dioxidá alakul. Ha elkerüljük a kémcső rázogatóását, akkor a hexánréteg megakadályozza a nitrogén-dioxid oldatba való jutását. Mikor a kísérlettel végeztünk, zárjuk le a kémcsövet egy dugóval és rázzuk alaposan össze. Így egyszerűen megköthetjük a toxikus gázokat.

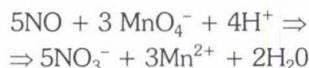


2. ábra

A nitrogén-monoxid oldatba vezetése

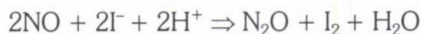
A nitrogén-monoxid, mint redukálószer

Pár csepp 2 M kénsavval megsavanyított halványrózsaszín kálium-permanganát oldatba vezetve a nitrogén-monoxidot az oldat elszíntelenedik. A permanganátiont mangán(II)ionná redukálja a nitrogén-monoxid. [4]



A nitrogén-monoxid, mint oxidálószer

Vezessük a nitrogén-monoxidot pár csepp 2 M kénsavval megsavanyított 0,2 - 0,3 M káliumjodid oldatba. A nitrogén-monoxid oxidálja a jodidiont elemi jódá, melynek színe a hexán fedőrétegben jelenik meg lilás színeződéssel. Több nitrogén-monoxid hatására a vizes fázis sárgává válik. Megfigyeltethetjük, hogy a jód apoláris oxigénmentes oldószerekben lila, poláris oldószerekben sárga színnel oldódik. [4]



A nitrogén-monoxid, mint ligandum komplexekben

Halványzöld vas(II)-szulfát oldatba vezetve a nitrogén-monoxidot az oldat sötétzölddé, majd barnává válik. Egy komplex, vas(II)-pentakva-nitrozil-ion keletkezik. Szintén ez a vegyület jön létre a barnagyűrű-próba során, mely a nitrátion kimutatásának reakciója. A vegyület gyorsan elbomlik. Hasonló nitrozil komplex az ismert stabilisabb nitroprusszid-nátrium ($\text{Na}[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$). [4]



Nitrogén-monoxid és oxigén reakciója

a) Oxigén előállítása Viktor Obendrauf módszerével [1]

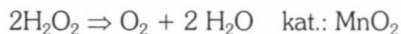
Anyagok és eszközök: peremes kémcső, dugó két tűvel (1,4/40 mm), 20 ml-es gumitömítéses fecskendő, 2 ml-es fecskendő, 30%-os

hidrogén-peroxid-oldat, barnakőtabletta, nitrogénmonoxid-fejlesztő, PVC-cső.

(Katalizátor tabletták készítése: 3 rész barnakőport keverünk össze 2 rész cementtel és kevés vízzel. A pépet töltjük gyógyszeresomagolás mélyedésébe és takarjuk le fóliával. 1 napos kötési idő után szedjük ki a tablettákat.)

Kivitelezés:

Szilárd reagensként barnakőtablettákat, folyékony reagensként 30%-os hidrogén-peroxidot használunk (1. ábra). A barnakő katalizálja a hidrogén-peroxid bomlását oxigénre és vízre. A reakcióban nem keletkezik szennyezőanyag, mivel a katalizátor-tabletták újra és újra felhasználhatók. Az oxigént száríthatjuk a kivezetőtű és a 20 ml-es fecskendő közé iktatott szárítócsővel.



b) A gázreakció kivitelezése

Egy fecskendőt töltünk meg 10 ml oxigénnel és egy másikat 20 ml nitrogén-monoxiddal. Egy kis PVC-csővecske (barkács áruházakban beszerezhető, szorosan illeszkedjen a fecskendő Luer-végére) segítségével kapcsoljuk össze a két fecskendőt, majd nyomjuk át az oxigént a nitrogén-monoxid fecskendőjébe (3. ábra). Pillanatok alatt lejátszódik a két gáz közötti reakció, melyben vörösesbarna színű nitrogén-dioxid keletkezik. [4]



A reakció exoterm, mivel a fecskendő kissé felmelegszik, akár a 35 °C-ot is elérheti a fecskendő tartalmának hőmérséklete. A kísérlet jól bemutatható, mint két gáz közötti gyengén exoterm reakció. Sajnos, a vegyülő gázok térfogati törvényének bemutatására nem alkalmas, mivel ez alapján 20 ml végtérfogatot várhatnánk, de ez 14 ml körüli érték. A kisebb térfogat a nitrogén-dioxid dimerizációjának tudható be.



A nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid oldódása vízben

Anyagok és eszközök:

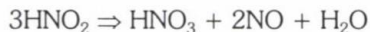
2 db 20 ml-es gumitömítéses fecskendő, egyik nitrogén-monoxiddal, másik nitrogén-dioxiddal töltve (utóbbihoz felhasználhatjuk a 1.3. kísérletben előállított nitrogén-dioxidot), főzőpohár, desztillált víz, univerzál indikátor.

Kivitelezés:

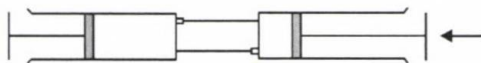
Egy nagyobb főzőpohárba töltünk desztillált vizet. Először a nitrogén-monoxidos fecskendőbe szívunk fel kb. 3-4 ml vizet. Ujjunkkal befogva a fecskendő nyílását emeljük ki a vízből és rázzuk össze a tartalmát (4. ábra). A fecskendőben nem történik változás, a nitrogén-monoxid nem oldódik vízben. A folyékony fázisból keveset kémcsőbe nyomva és univerzál indikátort csepegtetve hozzá, közel semleges kémhatásúnak találjuk. A nitrogén-dioxiddal töltött fecskendővel is hasonlóképpen járunk el. A nitrogén-dioxid oldódik vízben, ezért mikor vizet szívunk a fecskendőbe, ujjunkkal szabályozzuk a beáramló víz mennyiségét (a jelenség hasonló a szökőkút-kísérlethez). A fecskendő tartalmát összerázva a barna gáz eltűnik, a nyomáscsökkenés hatására a dugattyú lefelé mozdul el. Az oldódás során salétromsav és salétromossav keletkezik. [4]



A salétromossav bomlékony, diszproporciós reakcióban salétromsavra és nitrogén-monoxidra bomlik.



A kapott oldatot nyomjuk kémcsőbe, és csepegtessünk hozzá univerzál indikátort, mely narancssárga színnel jelzi a savasságot.



3. ábra

A nitrogén-monoxid és az oxigén reagáltatása

A nitrogén-monoxid, mint katalizátor – Az ólomkamrás kénsavgyártás modell-kísérlete

A kísérlet a mára már elavult ólomkamrás kénsavgyártás leglényegesebb reakcióját, az oxigén-átviteli reakciót mutatja be. Ezzel egyszerűen szemléltethetjük a gázfázisú homogén katalízist. Nem csak a katalizátor hatására lejátszódó folyamatot, de a katalizátor át- és visszaalakulását is nyomon követhetjük a fecskendős technika segítségével.

Anyagok és eszközök:

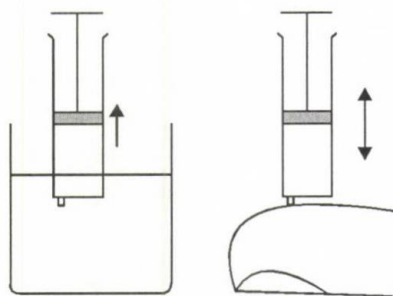
egy-egy fecskendős gázfejlesztő kén-dioxidnak, oxigénnek, nitrogén-monoxidnak, rövid PVC csövecske (a fecskendők összekötéséhez), kémcső, bárium-klorid reagens, 2M salétromsav, desztillált víz.

Kén-dioxid előállítása:

A kísérlethez szükséges kén-dioxidot nátrium-szulfitból vagy nátriumhidrogén-szulfitból állítjuk elő 10 %-os sósavval (1. ábra). A gázfejlesztéshez híg kénsav nem használható. A reakció gyorsítása érdekében kissé melegíthetjük a kémcsövet. Az első 20 ml gázt nyomjuk egy aktívzenes csőbe (lehetőleg a nitrózus gázokat és a kén-dioxidot ne egy csőben kössük meg). [1]

Kivitelezés:

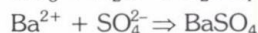
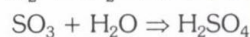
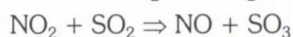
Állítsunk elő 10 ml kén-dioxidot, majd egy oxigénfejlesztőben állítsunk elő 5 ml oxigént.



5. ábra

A nitrogén-monoxid és a nitrogén-dioxid vízben való oldódásának vizsgálata

Mindkét gázt külön fecskendőben fogjuk fel. Szükségünk van még egy 3 ml nitrogén-monoxidot tartalmazó fecskendőre, melyet a már ismert módszerrel töltöttünk meg. A kéndioxidos és oxigénes fecskendőt kapcsoljuk össze a rövid csövecske segítségével. Egyesítsük a két fecskendő tartalmát. Figyeltessük meg, hogy a két gáz nem reagál (csak nagyon lassan) egymással. Ehhez a gázkeverékhez adjuk hozzá a nitrogén-monoxidot. A nitrogén-monoxid azonnal reagál az oxigénnel, a keletkező nitrogén-dioxid barnás színűre festi a gázkeveréket. Tovább figyelve a fecskendőt, 30 másodpercen belül elszíntelenedik a tartalma és egy fehér vegyület – kén-trioxid – válik ki a fecskendő falára. Ha az oxigént feleslegben adagoltuk, akkor a gázkeverék nem színtelenedik el. Szívjunk kb. 5 ml desztillált vizet a fecskendőbe, rázzuk össze a tartalmát, miközben a nyílását zárva tartjuk. (A kén-trioxid rosszul oldódik vízben!) A keletkezett oldatot nyomjuk kémcsőbe, savanyítsuk meg 2 M salétromsavval, hogy a fehér bárium-szulfit leválását megakadályozzuk – és adjunk hozzá bárium-klorid reagenst. A szulfácionok a báriumionokkal fehér bárium-szulfát csapadékot képeznek.



Nitrogén-oxidok közti egyensúlyi reakciók

A kémiaórákon az egyensúlyok témakörénél rendszerint nem szoktak kísérletet bemutatni, mivel idő- és vegyszerigényesek, különleges eszközök szükségesek hozzájuk. Ebben a részben két olyan – az órákon is jól hasznosítható – egyensúlyt szeretnék bemutatni, melyekkel szemléltethetjük a Le Chatelier-Braun-elvet, a nyomás- és hőmérsékletváltozásra reagáló egyensú-

lyi rendszert. A kísérleteket akár a diák saját maga is végezheti, a lezárt fecskendőkből vagy ampullákból nem szabadulnak ki a nitrozus gázok.

A $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ egyensúly

A nitrogén-dioxid már szobahőmérsékleten jelentősen dimerizálódik, mivel a nitrogénatom egy párosítatlan elektronnal rendelkezik (paramágneses). A forrásponton ($21,5^\circ\text{C}$) a folyadék 0,1%, míg a gáz már 15,9% nitrogén-dioxidot tartalmaz. Ugyanakkor 135°C -on a nitrogén-dioxid 99%-ban monomer. Az egyensúlyt a paramágnesesség vagy a színintenzitás mérésével egyszerűen nyomon követhetjük. Utóbbi azon a tényen alapul, hogy a nitrogén-dioxid vörösesbarna színű, a dinitrogén-tetraoxid színtelen. Ez alapján műszerek nélkül is könnyen megmondhatjuk, hogy merre tolódott el az egyensúly. [2,3]

Anyagok és eszközök: 20 ml-es fecskendő 20 ml $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ eleggyel töltve (50 ml-es fecskendőben reagáltassunk 40 ml NO-t 20 ml oxigénnel a fentebb leírtak szerint; miután a térfogat állandóvá vált, az oxigénes fecskendőben gyűjtjük össze a gázt), fecskendősapka, forró víz, fagyasztóspray (nátrium-klorid / jég hűtőkeverék is használható).

Fecskendősapka kialakítása:

Egy tűt fogjunk meg a műanyag Luer-csatlakozójánál, és a fém részét hevítsük fel. Csipesz segítségével távolítsuk el ezt egy csavaró mozdulattal. A Luer-csatlakozón keletkezett lyukat olvasszuk össze.

Kivitelezés:

Zárjuk le a $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ eleggyel töltött fecskendőt egy fecskendősapkával. Mártsuk a fecskendőt kb. 60°C -os vízbe, melynek hatására a gázelegy sötétebbé válik. Fagyasztóspray-vel vagy nátrium-klorid / jég keverékével hűtsük le a fecskendő tartalmát, mely szinte teljesen elszíntelenedik. Egyúttal jelentős térfogatcsökkenés is bekövetkezik.

Mivel a reakció mólszámváltozással is jár, az egyensúly a nyomás változtatásával is befolyásolható. A még kissé hideg (15°C körüli) fecskendő dugattyúját nyomjuk egészen a 3 ml-es jelzésig. Kezdetben a szín intenzitásának növekedését, majd erőteljes csökkenését figyelhetjük meg. Nyomásnövelés hatására a dimer forma felé tolódott el az egyensúly a Le Chatelier-Braun-elvnek megfelelően. Ezután a dugattyút húzzuk túl a 20 ml-es jelzésen. A fecskendőben ismét a nitrogén-dioxid vörösesbarna színe lesz az uralkodó. A reakció nyomáscsökkenés hatására az ellenkező irányba tolódik el. [4]

A $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3$ egyensúly, a dinitrogén-trioxid képződése

A dinitrogén-trioxid a salétromossav anhidridje. Bomlékony, csak alacsony hőmérsékleten stabilis vegyes oxid. Nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid együttes kondenzáltatásával keletkezik. [2]

Anyagok és eszközök: egy-egy gázfejlesztő a nitrogén-monoxidnak és az oxigénnek, PVC-cső, fecskendősapka, fagyasztóspray.

Kivitelezés:

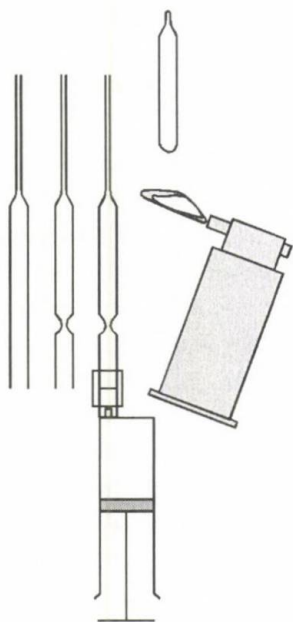
Egy fecskendőben reagáltassunk 20 ml nitrogén-monoxidot 5 ml oxigénnel az 1.3. kísérlet alapján. Az oxigén csak 10 ml nitrogén-monoxiddal lép reakcióba, ezért 10 ml nitrogén-dioxid (a dimerizációtól most tekintsünk el) keletkezik és további 10 ml nitrogén-monoxid marad a fecskendőben, így 1:1 mólarányú nitrogén-dioxid és nitrogén-monoxid elegyhez jutunk. Természetesen a nitrogén-dioxid dimerizációja is lejátszódik, ezért a gázkeverék térfogata kevesebb, mint 20 ml. Zárjuk le a fecskendőt egy fecskendősapkával és hűtsük le 10°C körüli hőmérsékletre (ehhez használhatunk só-jég hűtőkeveréket vagy fagyasztóspray-t, mely elektrotechnikai boltokban szerezhető be). A fecskendő falán kék folyadék – dinitrogén-trioxid – kondenzálódik le.

A nyomás növelésével a folyamatot elősegíthetjük. A fecskendő felmelegítésével vagy a nyomás csökkentésével visszakaphatjuk a kiindulási gázkeveréket. [4]

Ampullába zárt nitrogén-oxidok (Viktor Obendrauf munkája nyomán) [5]

Viktor Obendrauf a Chemie & Schule 2001/01-es számában publikálta egyik újdonságát, mellyel lehetővé válik a fent bemutatott két egyensúly még egyszerűbb demonstrálása. Az ampullába zárt rendszerek előnyei:

- az egyszer elkészített ampullák újra és újra felhasználhatók különösebb előkészítés nélkül,
- a mérgező gázok és gőzök az ampullákból nem jutnak ki, így a rendszer megfigyelése a diák közvetlen közelében történhet,
- a mini ampullákkal a nitrogén-oxidokon kívül számos egyensúlyi rendszer szemléltethető (rombos és monoklin kén kikristályosítása, jódszublimálása).



6. ábra
Ampulla készítése

A nitrogén-oxidok esetében nagy hátránynak találtam, hogy csak a hőmérsékletváltozásra reagáló rendszert tudjuk bemutatni az ampullákkal, míg fecskendőkkel a nyomásváltozásra bekövetkező egyensúly-eltolódást is.

Ampulla készítése a $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ egyensúlyhoz

Anyagok és eszközök: 20 ml-es fecskendő kb. 10-15 ml NO_2 - N_2O_4 eleggyel töltve (az oxigén előállításánál érdemes szárítócsövet használni), Pasteur-pipetta (15 cm hosszú), 2 db PVC-cső (az egyik a fecskendő Luer-végéhez, a másik a Pasteur-pipetta szélesebbik nyílásához legyen csatlakoztatható, illetve a két csövet egymásba lehessen illeszteni), mini gázégő (butánnal működő, szúrólángot adó), fagyaszóspray, fa ruhacsipesz, vatta.

Kivitelezés:

A Pasteur-pipettát a szélesebbik végétől 1 cm-re szűkítsük össze: a rövidebbik végét fogjuk a fa ruhacsipeszbe, az üvegcsövet folyamatosan forgatva olvasszuk meg a gázégővel, és a két végét óvatosan távolítsuk egymástól (6. ábra). A csövet ne vékonyítsuk el nagyon, mert eltörhet. A PVC-csövek segítségével kapcsoljuk össze a gázzal töltött fecskendőt a Pasteur-pipettával. Töltsük meg a pipettát nitrogén-dioxiddal, miközben a rendszert függőleges helyzetben tartjuk úgy, hogy a fecskendő legyen alul. Mikor már teljesen kiűztük a levegőt a pipettából, a kapilláris rész kezdeténél olvasszuk meg az üveget, és zárjuk le a pipetta egyik felét a kapilláris rész hirtelen leválasztásával. Az előzetesen beszűkített rész helyétől lehetőleg minél tovább burkoljuk be a hengert kevés vattapamacsba, fogjuk be egy fa ruhacsipeszbe, és jól hűtsük le a fagyaszóspray-vel. A leszűkített rész ismételt megolvasztásával erről az oldalról is zárjuk le a pipettát.

Néhány tanács:

A nitrogén-monoxid előállításánál ügyeljünk arra, hogy a gáz butánmentes legyen (oxigén-

mentesítés esetén 60 ml gáz távozása után már megfelelő). Az ampulla végeit minél jobban ke-rekítsük le, mivel a hegyes végeknél könnyen el-törhet. Miután lezártuk a pipetta egyik végét, már ne állítsuk el a fecskendő dugattyúját.

Az egyensúly szemléltetése:

Az ampullát hűtsük le fagyaszto-spray-vel vagy helyezzük 10 percre mélyhűtőbe. Ekkor az ampulla tartalma elszíntelenedik. Ezután gázegővel enyhén melegítsük fel, hogy jól lát-hatóvá váljon a nitrogén-dioxid vörösesbarna színe.

Hasonlóan készíthetünk ampullát a dinitrogén-trioxid előállításához is. A Pasteur-pipettát a 2.2. kísérlet alapján készített gázke-verékkel töltjük. Mivel a nitrogén-monoxid a pipettában levő levegő oxigénjével is reagál, eltolódik az ideális összetétel. Ezért minimum 10 ml gázelegyet nyomjunk lassan keresztül a pipettán. Annak érdekében, hogy minél job-ban lehessen látni a dinitrogén-trioxid csep-pecskéit, csak az egyik végét hűtsük az ampul-lának.

Kísérletek dinitrogén-monoxiddal

A dinitrogén-monoxid az eddig bemutatott nitrogén-oxidoktól eltérően nem mérge-ző és könnyen előállítható tisztán. Az eddig használt műanyag gumitömítéses fecskendő-ke-t visszacserélhetjük a – hagyományos – gázokkal folytatott kísérletek eszközeire, de fo-lyadékmérésre itt is alkalmazzuk gumitömítés-sel nem rendelkező fecskendőinket. A dinit-rogén-monoxiddal végezhető kísérleteket két jelentős felhasználási területe köré csoportosí-tottam [6]:

- tejszínhab habosításához a habpatron töltő-anyaga,
- rodeo motorok üzemanyagához fecskendezve teljesítménynövelő.

Dinitrogén-monoxid kinyerése

Habpatronból kinyerve könnyen hozzáfér-hetünk nagy mennyiségű megfelelően tiszta dinitrogén-monoxidhoz. Ehhez többféle eszközt alkalmazhatunk. Néhány lehetőség: üres hab-vagy szódás szifonba csavarva a habpatront csak kevésbé tiszta – levegővel kevert dinitrogén-monoxidhoz juthatunk. Célszerű a kisebb méretű habszifon használata. Előzőleg távolítsuk el a műanyag csövet a szifonból, így a második patron felhasználásakor a távozó gáz már sokkal tisztább. Ugyancsak megoldható né-hány borsos áron kapható eszközzel, mint pél-dául a szén-dioxid patronnal – és természetesen az azonos méretek miatt habpatronnal is műkö-dő kerékpár pumpával vagy dugóhúzóval. Elő-nyük, hogy azonnal tiszta gázt szolgáltatnak. [1]

A dinitrogén-monoxid az égést táplálja

Egy lombikot vagy főzőpoharat töltünk meg dinitrogén-monoxiddal. Az asztalon álló lombikba az aljára dugott csővel a fentebb em-lített eszközökből vezethetjük a gázt, mivel az a levegőnél nehezebb. Figyeltessük meg, hogy egy színtelen gáz, ha a lombikba parázsló gyű-jtópalcát mártunk, lángra lobban. [7]

Wuffi - Szén-diszulfid gőz égése dinitrogén-monoxidban

Az itt leírt kísérletek közül talán a leglátvá-nyosabb. Alapját egy olyan régóta ismert tény adta, hogy bizonyos nitrogén-oxidokban (nitro-gén-monoxidban vagy nitrogén-dioxid és nitrogén-monoxid keverékében) a szén-diszulfid égése fény- és hanghatással jár. Ezt már Justus Liebig (1803-1873) is bemutatta. Sajnos egyik alkalommal az üveg, melyben a kísérletet vé-gezte, felrobbant. Ez a változat nem bizonyult biztonságosnak. Még manapság is előfordulnak balesetek a pontos előírások be nem tartása mi-att. A látvány ellen szól még a felhasznált anya-

gok kellemetlen szaga, mérgezősége. Apró változtatásokkal a kísérlet biztonságossá és tanárbarátabbá tehető.

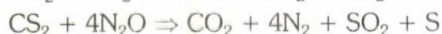
Használjuk az előző kísérletekben megismert dinitrogén-monoxidot. A szén-diszulfid alkalmazásából adódó problémákat is egyszerűen megoldhatjuk: tároljuk egy kisebb, cseppentővel ellátott üvegben (pl.: 30 ml-es a Béres-csepp üvege). Egy fecskendőhöz csatlakoztatott tűvel egyszerűen kivethető a szükséges mennyiség. Fontos, hogy pontosan mérjük ki a szén-diszulfid térfogatát: ha kevés, robban, ha sok, lassú az égés, ezért a kiméréshez egy 2 ml-es fecskendőt használunk. A szén-diszulfidot műanyag fecskendőben 10 percnél tovább ne tároljuk, mert megkezdődhet a műanyag feloldódása, ami a folyadék kifröccsenését eredményezheti.

Anyagok és eszközök:

1 vastag falú egyliteres üveg (minimum 4 cm átmérőjű nyílással rendelkezzen, mint például Magyarországon a Golden Valley márkanévű gyümölcslevek üvege, a kisebb átmérő veszélyforrás!), 2 ml-es fecskendő tűvel, üvegcád vagy lavór, dinitrogén-monoxid, szén-diszulfid, gyújtópálca.

Kivitelezés:

Az üveget töltsük meg vízzár alatt dinitrogén-monoxiddal (lehetőleg kevés levegőt tartalmazzon, szódásszifonból nyerve a második patronból kinyerhető dinitrogén-monoxid már használható). Zárjuk le még a víz alatt az üveget a tetejével. Ügyeljünk arra, hogy az üvegben minél kevesebb víz maradjon. Az üvegről a tetőt kissé elmozdítva spricceljünk bele pontosan 0,7 ml szén-diszulfidot (kezdetben vehetünk 0,1-0,2 ml-rel többet). Rázzuk össze az üveg tartalmát, hogy a folyadék elpárolgjon. Vegyük le a tetőt, és egy gyújtópálca segítségével gyújtuk be a gázkeveréket. A következő reakciók játszódnak le:



Mivel a gázkeverék nem tartalmaz elegendő oxidálószer, a szén-diszulfid égése tökéletlenül megy végbe, az elemi kén kiválik az üveg falára. A kísérlet hanghatásáról kapta a nevét: Wuffi.

A keletkező kén-dioxid miatt célszerű a kísérletet nyitott ablaknál vagy elszívófülkében végezni. Huzatot csak a kísérlet elvégzése után keltsünk.

A kísérletet szén-diszulfid helyett etanollal (80%-os rum) is végezhetjük. Ezen változat előnyei közé tartozik, hogy nem szükséges az alkohol pontos kimérése és megszabadulunk a szén-diszulfid égéséből adódó kellemetlen szagoktól, bár több előkészítést igényel, illetve a hang- és fényhatás is szerényebb. Az üveget és a gázt – az alkohol nagyobb mértékű párolgása érdekében – elő kell melegíteni. Ezt a vízzárhoz használt melegvízzel tehetjük meg. Az üvegbe kb. 5 ml 80%-os etanolt öntsünk. (Itt nem szükséges a teljes folyadék elpárolgása.) A lejátszódó reakciók:



Irodalom

- [1] Viktor Obendrauf: Kémia kísérletek a kémia-oktatásban (a kőszegi továbbképzés anyaga)
- [2] N. N. Greenwood, A. Earnshaw : Az elemek kémiaja II. kötet, Nemzeti Tankönyvkiadó Bp., 1997.
- [3] R. Bruce King: Encyclopedia of Inorganic Chemistry, John Wiley & Sons Ltd. 1994.
- [4] Bruce Mattson, Joe Lannan: Experiments with nitrogen-oxides, CHEM13NEWS 1997. február 255. szám
- [5] Viktor Obendrauf: Kleine Ampullen für feine Nasen, CHEMIE&Schule 2001/01.
- [6] Derek Davenport: Dinitrogén-oxid: Semmi esetre sem nevetnivaló.
Megjelent fordításban: KÖKÉL 2000/01., Fordította: Mikola Éva
- [7] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: Látványos kémiai kísérletek, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged 1999.

Dr. Szalay Tibor

Kémia mindenhol

Kémiai ismeretek nélkül egyszerűen nincs és nem is létezhet egészséges társadalom

Bevezetés

Hálójának már nem éppen elején járó kémikusként nehezen viselem el, (mert tehetetlennek érzem magam), amikor a médiumokban jól érzékelhetően a tudománnyal, de legfőképpen a kémiával kapcsolatban olykor tudatos, jobb esetben pedig – esetleg – csak kellően nem átgondolt, lejárató közlemények, hírek, híresztelések, hirdetések stb. jelennek meg. E tendencia szomorú következménye, hogy a köztudatban **a tudományról torz kép alakult ki.** Jól érzékelhető jelei vannak annak, hogy **az értelem és a tudás leértékelődött, csatát vesztett és háttérbe szorult a butasággal szemben.** (L. pedagógusok „megbecsültsége”.)

Jóllehet, akármerre néz az ember, mindenhol szembetűnő a tudományos eredmények és ismeretek felbecsülhetetlen értékű kihasználása.

Emlékeztetésként és az érdeklődés felkeltése céljából legyen szabad csupán **kulcsszavakkal** felvillantani: *mennyire széleskörű a kémia eredményeinek és ismereteinek a hasznosítása:*

- 1. Fotokémia** – ezen belül – a fotográfia, de legfőképpen az élet kialakulásának és fenntartásának az alapja, a fotoszintézis. (L. még növényi eredetű-, vagy divatosabban „bio” – energiahordozók.) [1]

- 2. Háztartási és kozmetikai vegyi anyagok.**

- 3. Tisztító és fertőtlenítő** (= „sterilizáló”) **szerek** általában, de különösen a kórházakban, állattartó telepeken, ivóvíz-hálózatokban, járványok megelőzésében stb.

- 4. Kémiai diagnosztika** a betegségek megelőzésében és felismerésében. [2]

- 5. Kemoterápia** (általában gyógyszerek). [2]

- 6. Élelmiszeripari** tartósítók, ízesítők, színezékek, borászati segédanyagok, vagy általában a gyártásközi és végtermék-, vagy utólagos **minőségellenőrzés** (minden forgalmazott termék esetében!) stb.

- 7. A vegyipar** világszerte „húzó iparág” lett.

- 8. Az ipar különböző ágainak gyors fellendülését tette lehetővé a jobbnál jobb műanyagok térhódítása¹:**

- textilipar (műszálak sokfélesége),
- gépkocsi ipar (könnyen gyártható és formálható, könnyű és praktikus, szívós és időálló alkatrészek),
- bútor- és építőipar (új típusú /és anyagú/ nyílászárók, vagy általában szerkezeti anyagok, szuper-, vagy nagyteljesítményű betonok, az építő vegyi anyagok beláthatatlan sokfélesége), festékipar (vízbázisú festékek, műgyanták).

¹ Enyhén szólva is tájékozatlanságáról árulkodott nemrég egy országosan ismert előadóművész egy tévériport keretében, aki általában a műanyagok egészségének a jelentőségét vonta kétségbe.

9. Közlekedés (utak építése, járművek üzem- és kenőanyagai stb.)
10. Elektromos hálózat és világítás (**kohászat, fényforrások** gyártása stb.)
11. A mikro- (sőt!) **nanoelektronika** (informatikai eszközök, számítógépek, monitorok, video- és magnoszalagok, CD-lemezek stb.)
12. Az **elektrokémiai eszközök és eljárások** tömeges elterjedése (galvánelemek, akkumulátorok, tiszta, vagy hulladék-, vagy közel hulladéktelen technológiák igénye és előretörése, mint pl. víztisztítás **elektrodialízissel**, vagy **elektroszintézis**, ami a szerves kémia új ágává nőtte ki magát).

Bizonyára folytathatnánk a sort, és közel sem biztos, hogy a csoportosítás sikerült, hiszen az említett példák többnyire átfedésben vannak.

Az sem kétséges, hogy ugyanilyen hangsúlyal adhatnák elő érveiket a matematikusok, fizikusok, biológusok és különféle műszaki tudományágak képviselői stb. Ám az is meglehet, hogy netán ők nagyobb megbecsülést érzékelnek.

Természetesen azt sem hallgathatjuk el, hogy a vegyipar termékei és melléktermékei, netán hulladékai, pl. rossz gyártói felfogás, vagy helytelen fogyasztói felhasználás és szokás következtében, *nagyon súlyos környezetártalmat is okozhatnak*, sőt – sajnos – ténylegesen okoznak is. **Hangsúlyoznom kell azonban azt a nyilvánvalóságot, hogy önmaga a kémia, illetve termékei nem, csakis alkalmazói és felhasználói szennyezhetnek.** (Mint aho-

gyan nem magával az atomenergiával van a baj, hanem az ezzel visszaélő, rossz-szándékú és buta gonosztevőkkel.)

A kémiai eredetű környezetszennyezést megfelelő kémiai ismerettel és szemlélettel el lehet kerülni, s ez végül is mindannyiunk érdeke és egyben célja is kell, hogy legyen.

A tudásalapú társadalom kérdőjelei

Anapság gyakran láthatjuk, olvashatjuk és hallhatjuk: **az új évezred** (netán inkább évszázad, esetleg már évtized) **társadalma tudásalapú lesz.**² Miközben (igazán sajnálatosan) nem sokat tudhatunk arról, hogy **milyen tudásra** (pontosabban minek a tudására) lenne szüksége az embereknek ahhoz, hogy ki-ki el tudjon igazodni – szűkebb és tágabb értelemben vett – környezetében, vagyis a világban. Ehhez elengedhetetlen, hogy kellően korán, tehát már kisiskolás korban megismerjük önmagunkat.³ Felismerjük adottságainkat, **megtanuljunk gondolkodni**, és ennek eredményeként önállóan és tudatosan fejlesszük képességeinket, hogy boldogan élhessünk. *Ne vastagodjon tovább a társadalomból kirekesztődők, az elesettek rétege!* Fontos feltétele, hogy egyforma mértékben figyeljünk önmagunkra, környezetünkre és embertársainkra. Ez a legegyszerűbb és a legkézenfekvőbb megoldása az **emberhez méltó magatartásnak és életnek.**

Az emberi boldogulás és boldogság legfontosabb követelménye tehát, hogy előrelátóan tervezzük meg életünket, egészséges életmódot folytassunk. Ne legyünk káros szenvedélyek rabjai, vagyis **őrizzük meg egészségünket**, mert ezt könnyebb megtenni, mint betegségek ellen küzdeni.

² Ki tudja, hogy a vesztébe rohanó emberiség meddig folytathatja ezt az energiafálgó, nyersanyag-pazarló, környezetkárosító és egészségtelen életmódját (1. „fogyasztói társadalom”), valamint a korlátlanul vélt szaporodást?

³ A **Nemzeti Alaptanterv (= NAT) egyik nagy ellentmondása, hogy háttérbe szorította a természettudományok, különösen a kémia oktatását** (kétségbeejtően kicsi az óraszám), **holott a társadalom jóléte mindenekelőtt a kémiai ismereteken és azok alkalmazásán alapszik.**

A vázolt cél elérését segítené elő a **boldog és kiegyensúlyozott családi és társadalmi/hazai környezet megteremtése, az oktatás és nevelés elsődlegessé tételével**. Hiszen nem kétséges, hogy elsősorban ennek színvonalától függ életünk minősége, mindannyiunk jövője.

Ne engedjük tehát kiszolgáltatni magunkat a visszaélők és megtévesztők siserehadának, a mások megtévesztése árán, gátlástalanul meggazdagodni akaróknak! Legyünk képesek megérteni a körülöttünk zajló eseményeket! Tudjuk ellenőrizni, felülbírálni és elhárítani a hangadó (uralkodni vágyó) péer-zsenik gyakran rossz szándékait! Fogadjuk kritikával a sokszor már unásig hangoztatott, sajátos (ezért könnyen leleplezhető) véleményeket és ajánlásokat, netán jóslásokat! Utasítsuk vissza az időrabló (pl. tévé-műsorokban), vagy a gyakorlatilag célt tévesztett, környezetszennyező **reklámokat** (a postáládakat nap mint nap olyan szórólapok töltik meg, amelyek – szokás szerint – közvetlenül és olvasatlanul szemétkébe kerülnek)! Hívjuk fel a figyelmet pl. a tűzijátékok környezetkárosító hatásaira /is!/⁴ (Ha már az erre hivatottak ezt nem teszik meg).^{5,6}

Ezzel a pályamunkával a kémiai ismeretek jelentőségére szeretnénk rámutatni, és elősegíteni, hogy minél szélesebb körben belássák és megértssék ezek értelmét.

A tudomány differenciálódása és integrálódása

Évezredek és évszázadok során gyorsuló ütemben fejlődött a tudomány. Ezt előnyösen segítette elő a **differenciálódás**, vagyis a tu-

dományágak sokaságának a kialakulása és művelőinek tömegessé válása. Hovatovább az ismeretek sokasága, a publikálás áttekinthetetlen-sége gátjává válik a fejlődésnek. Hiszen *ebből fakad az oktatás megoldhatatlannak látszó problémája is!*

A matematika napjainkban minden tudományág meghatározó eleme lett. Az évszázadok során csupán kíváncsiságból, netán szórakozásból felhalmozott matematikai ismeretek napjainkban hasznosulnak igazán (l. informatika, káosz-elmélet stb.).

A fizikából kivált a kémia, és fokozatosan önállósult a szervetlen kémia, szerves kémia, analitika (= elemző kémia), fizikai-kémia, kolloidkémia, elektrokémia, fotokémia, biokémia, agrokémia, gyógyszerkémia, műanyagkémia stb. Napjainkra azonban – a differenciálódás folytatódása mellett és ellenére – **az integrálódás lett a fejlődés mozgatórugója**.

A modern anyagtudományokat együtt művelik matematikusok, informatikusok, fizikusok, kémikusok, kohászok. (Szinte elválaszthatatlanul egységbe forrt, pl. a mikroelektronika és az informatika.)

A molekuláris biológia nemcsak a biológiai tudományok egészét öleli fel, hanem a matematikát, az informatikát, a fizikát, a kémiát is. Mintegy 30 éve (egy x-edik reformtanterv egyeztetésekor, amikor már ez az integrált tudományág méltán váltott ki óriási érdeklődést szenzációs eredményeivel) a helybeli biológus kollegákat nem lehetett meggyőzni a kémiának a biológusképzésben betöltött fontos szerepéről. De ennél nagyobb butaságra is felfigyeltem akkor: első-

⁴ Mértéke összevethető a dohányzók által okozott környezetkárosítással. (Sajnos alig van dohányos, aki a cigarettavéget ne gátlástalanul dobna el bárhol /sokszor égve!/, vagy szétrézne, bosszantó tevékenységével nem zavar-e másokat.)

⁵ Kosáry Domokos néhány éve, még az MTA elnökeként, a Debreceni Akadémiai Bizottság székházában a társadalom legnagyobb bajaként a **butaságot nevezte meg és az ellene folytatott küzdelem fontosságára hívta fel a figyelmet**.

⁶ Ezzel a gondolattal összecseng friss Széchenyi-díjas filozófusunk, Molnár Tamás kijelentése is, aki szerint „a huszadik század minden baja abból ered, hogy a butaság elkezdett gondolkodni”.

éves /!/ vegyszereket kérdeztek, majd szavaztat-
tak meg arról, hogy kell-e nekik matematikát ta-
nulniuk. Mintha ilyesmiről árulkodnának a vége-
láthatatlanul folyó viták a NAT -ról és az újszülött
kerettantervről. Közel sincs egyetértés abban,
hogy milyen tudásra, mi mindennek a tudására
lenne szüksége a felnövekvő nemzedékeknek.

A modern tudományos kutatás jellemzője
még az is, hogy háttérbe szorultak a nagy egyé-
niségek. Minthogy a célratörő, gyorsan és megfe-
lelő eredményeket hozó, sikeres kutatás-fejlesztés
elengedhetetlen feltétele az **önzetlen, egymás-
ban fenntartás nélkül megbízni tudó és
akáró kutatók együttműködése**. Általános-
sá vált tehát a „team”-munka. E téren úttörő és
valóban példamutató **Edison** laboratóriuma,
minthogy ebben, az eredetileg más célból létesít-
tett (már a mai értelemben véve is) tudományos
kutatóintézetben egy év alatt (1879) alkották
meg **az első tartósan működő szénszálas,
elektromos izzólámpát**, amivel (szó szerint
is) *elkezdődött az emberiség fénykora*. [3, 4]

A műszaki- és a természettudományok előretörése és eredményeinek haszna

Napjaink nagy ellentmondása, hogy bár a tu-
dományos eredmények értéke, illetve mérté-
kének kiterjedésedése és jelentősége felbecsül-
hetetlenül megnőtt, a tudomány és művelőinek az
elismertsége fokozatosan visszaesett. Ennek sajná-
latos következménye az is, hogy **az oktatás és a
nevelés világméretű válságba került**.

Miközben divattá vált a tudomány eredmé-
nyeinek kétségbe vonása, becsmérése és leér-
tékelése, nyereszkeskedési szándékból büntetlenül
vissza lehet élni a tudomány eszközeivel és fo-
galmi rendszerével, aminek **társadalmi veszé-
lyei beláthatatlanok**.

Egy kuruzsló nyilatkozata szerint, pl. *valami-
lyen csodaszernek azért nincs mellékhatása,
mert nem gyógyszer*, de azért mégis gyógyítás-
ra ajánlja.

Egy feltaláló szerint a plazmásított víz ideális
gépkocsi üzemanyag (lenne).

A többnyire ellenőrizetlenül, emellett nagy
költséggel megtervezett és pazarlóan gyártott
megnyerő kiszerezésben⁷ forgalmazza a „gyógy-
hatású” *segédanyagokat, különféle jelzőkkel
ellátott vizeket, cseppeket és tablettákat*, amik-
nek kieszelői és propagálói soha nem a tiszta-
ságot, vagy az ellenőrzöttséget hirdetik (az el-
hallgatásnak bizonyára jó oka van, minthogy
hasznukat többnyire nem is lehet igazolni), ha-
nem csupán az eredetét hangoztatják: „*termé-
szetes*” anyag, már pedig *fűben-fában orvos-
ság* – mondják.

**Szerencsére a gondolkodók és a kémia
alapismereteinek a birtokában lévők
könnyen elkerülik az efféle csapdákat.**

A modern társadalom tagjai gyakran úgy vi-
selkednek a tudománnyal szemben, (vagyis
nem értékelik, és nem tisztelik annak eredmé-
nyeit), mint azok a férfiak, akik azt hiszik, hogy
korlátlanul használhatják a birtokba vett, már
„meghódított” partnert.

A mindennapi embernek, „a fogyasztónak”
talán eszébe sem jut, hol tartana az emberiség a
tudomány valóban nagyszerű eredményei nél-
kül. [5, 6]

A kémiai (molekuláris) szemléletmód fontossága

A kémia alapvető fogalma az anyagmennyi-
ség, illetve **egysége, a mol**, ami $6,02 \cdot 10^{23}$ db atomot vagy molekulát⁸ jelent. A víz 1
molja kb. 18 g vagy kb. 18 cm³, a nád- vagy ré-

⁷ A kiszerezés maga sokkal-sokkal többbe (és végül **szeméttbe**) kerül, mint maga az árusításra szánt csodaszer.

⁸ Az anyag legkisebb azonosítási (= elemi) egysége az atom, illetve a több atomból felépülő anyagok esetében a molekula. Pl. a levegőatmoszférában az oxigéngáz kétatomos molekulaként (O₂) és háromatomos módosulatként is,

pacukoré ($C_{12}H_{22}O_{11}$) pedig 342 g. (A molekulák méretének szemléltetése céljából vegyük a következő példát [11]: ha a Földön élő minden egyes embernek – legyen ez most 6 milliárd fő – kiosztanánk egy-egymilliárd db cukormolekulát, akkor mennyi maradna vissza 1 mol, vagyis 342 g cukorból? $6 \cdot 10^9 \times 1 \cdot 10^9 = 6 \cdot 10^{18}$ db, vagyis $342 \text{ g} - (342/6 \cdot 10^{23}) \cdot 6 \cdot 10^{18} \text{ g} = (342 - 0,00342) \text{ g} = (342,00000 - 0,00342) \text{ g} = 341,99658 \text{ g}$, amit csak patikamérleggel lehetne érzékelni és megállapítani.)⁹

Az anyagok értékét, reakciókészségét, vagy éppen renyheségét (= inertségét) mindenekelőtt a **tisztaság** [2] határozza meg, ezért az elemző kémia fontos mértékegysége általában a koncentráció, de különösen a **ppm** (= parts per million). A koncentráció-mértékegységek sokfélesége is jelzi fontosságukat és igazolja használatuk célszerűségét. {L. tömeg-, térfogat- és vegyes %, kémiai koncentráció [$\text{mol/dm}^3 = \text{M}$ - „mólos”], molalitás [$\text{mol}/(1000 \text{ g oldószert})$], (az oldószer többnyire víz), felületi koncentráció [mol/cm^2] stb. [2]} Hangsúlyozni kell azonban azt is, hogy lényegi (lehet) a különbség a globális, vagy makro- (pl. az emberi test egészében) és mikrokoncentráció között (általában a vizsgált anyagi rendszernek egy kis térfogatelemében, vagy testrészben, sejtstruktúrában, vagy sejten).

Az anyagokat tulajdonságuk alapján lehet azonosítani, illetve meghatározni és értéküket (társadalmi hasznukat = „árukat”) megadni. [2] Az anyagi tulajdonságok (köztük fizikai átal-

akulásra, kémiai vagy biológiai reakcióra, vagyis új anyag kialakítására való hajlamuk és alkalmasságuk) többnyire függenek a hőmérséklettől (T), a nyomástól (p), az elektromos térerőtől, olykor pedig még további tényezőktől (pl. gravitációtól) is. Következésképpen **bármely anyag viselkedése nemcsak önmagától (saját tulajdonságaitól) függ, hanem környezetétől, annak összetételétől és más jellemzőitől (elsősorban T, p) is.**¹⁰

Itt említjük meg, és egyben helytelenítjük a **kemikália** fogalmának terjedő pejoratív kicsempésű használatát, ami a kémiaellenesség egyik megnyilvánulási példája. Ugyancsak kémiaellenesség érezhető ki a **kémiai anyag** kifejezésből is. Ezzel szemben a **vegyszer** szóról mindenki tudja, hogy olyan anyagot jelöl, amiből jobb és értékeesebb, vagyis adott célra megfelelőbb terméket lehet előállítani. A kemikália tehát nemhogy káros anyag, hanem annál értékeesebb, minél hasznosabb és jobb tulajdonságú, új anyagot tudunk vele előállítani.

Tanulságos kitérni a kősó (NaCl), vagy konyhasó, vagy egyszerűen csak **só** példájára is. Segítségével ugyanis jól érzékeltethető, hogy ez a természetes anyag olykor mérgező, gyakrabban kemikália (pl. a nagyipari klóralkálielektrolízis fontos nyersanyaga). A mindennapokban azonban még ennél is fontosabb, minthogy az emberi élet fenntartásában nélkülözhetetlen ízesítő szer, illetve tartósító/konzerváló anyag, ugyanakkor az orvosi gyakorlatban ugyancsak nélkülözhetetlen, inert segédanyag.

mint ózon (O_3) előfordul. (Lévéen mindkettő stabilis molekula.) A leghétköznapiabb anyagok egyikének, a víznek a képlete pedig: H_2O . A víz is lehet reaktáns (reakciópartner), termék (pl. szerkezeti összetevő), oldószer és közeg. (Közegként más anyagok, molekulák és ionok mozgását, valamint a hőmérséklet és a nyomás kiegyenlítését segíti elő.) Példaként említjük a betont, amelyben a reaktáns víz, a beton lényegét jelentő cementkőben, a szilárd kalcium-szilikát-hidrátban (CSH), mint termék jelenik meg. Miközben a „bekevert” víz nagy része a beton kialakulásakor és azt követően is, oldószerként és közegként hat. (L. pórusfolyadék.)

⁹ Az anyagok tisztaságát kilences számjegyekkel szokás kifejezni: pl. a négykilences alumínium azt jelenti, hogy a vizsgált anyag 100 g-jában 99,99 g a fémalumínium, a szennyezések összes mennyisége pedig 10 mg. Minél több kilences egy anyag, annál értékeesebb.

¹⁰ Vegyük észre, hogy érdekes **hasonlóság van az anyag viselkedése és az ember magatartása között.** (Aligha gondol bárki is erre, amikor az emberi viselkedés bonyolultságát elemzi, vagy értelmezi.)

Mint ahogy inert, vagyis nem lép kémiai reakcióba, ezért vele állítják be az izotóniás¹¹ injekciós oldatok koncentrációját (0,9 % NaCl).

Az anyagok kémiai, biológiai stb. átalakulása a vázoltakon túl még további tényezőktől is függ. Említjük, hogy a modellezés és az egzakt tárgyalás szempontjából lényeges különbséget jelent, hogyha egy folyamat *homogén*, vagyis azonos (gáz, folyadék vagy szilárd), vagy több, ezért *heterogén* (gáz/folyadék, gáz/szilárd, folyadék/folyadék, folyadék/szilárd, szilárd/szilárd határfelületi) fázisban, pontosabban fázishatáro(ko)n megy végbe.

Minél összetettebb egy kémiai, biológiai stb. folyamat, annál nagyobb a valószínűsége, de egyben veszélye is annak (l. pl. rákos daganatok kialakulása), hogy az idő előrehaladtával nemcsak a kedvező (normális) folyamat következik be, azaz nem a megfelelő termék (pl. sejt) keletkezik, vagy épül tovább.

Az anyagok állandósága (stabilitása) és reakciókészsége (átalakíthatósága)

Az inél alacsonyabb szintű energiaállapotban van egy anyag, annál kevésbé hajlamos arra, hogy átalakuljon. Az anyagi részecskéket (molekulákat vagy ionokat) termikusan, elektromosan (elektrokémiailag, vagy általában elektromágneses sugárzással /elektronokkal, lézerrel, fotonokkal/), ultrahanggal stb. aktiválni lehet, vagyis reaktívabb állapotba hozhatók, illetve „kerülhetnek”. Következésképpen kitüntetett figyelmet érdemelnek az ún. *sugárkémiai* reakciók, amelyek pl. radioaktív sugárzás

hatására lépnek fel. (l. az atomenergia békés /! célú hasznosításának vitatása.)

A kémiai reakciók végbemenetelének a sebessége (rövidebben: a reakciósebesség) azonban nemcsak a reaktánsok energiaállapotától, hanem mindenekelőtt a koncentrációjától függ. (Terjedelmi okból az egzakt tárgyalásra itt nem térhetünk ki. Az érdeklődőknek ajánljuk: [7].)

A góc- vagy csíráképződés és a sejt- vagy kristálynövekedés

Tanulságos kitérni viszont arra, hogy az emberi testben a rákos daganatok általában és legalább két fázis határán jönnek létre, ezért *heterogén* (bio)kémiai folyamatok következményei.¹²

A probléma megvilágítására vegyünk egy, a *fotográfiában* jól ismert példát: a fényérzékeny rétegben (a fotoemulzióban, vagyis a filmben) a fény (fotonok) redukáló hatására az ezüstionokból (Ag^+) keletkező és szemmel nemlátható, ezért „rejtett”, vagy *látens képcsíra*, akkor válik stabilissá, ha az ezüstatomokból (Ag) *legalább 4 nő össze*, és növekedésre képes **gócot** alkot. A valóságban ezek a képcsírák általában néhány százszor 10 atomból épülnek fel. Itt van igazán értelme a *nagyságrend-fogalom* használatának, ugyanis többlet információt tartalmaz: ha azt mondjuk, hogy a látenskap-csírában az atomok száma *tízes nagyságrendű* (a tízes itt *helyértéket* jelöl!), akkor ez 10 és 99 között bármely szám /is/ lehet.) Ahhoz azonban, hogy a rejtett kép láthatóvá váljék, elő kell hívni, vagyis a góccok ezüstatom-tartalmát kb. milliószorozásra

¹¹ Az emberi, az állati vagy a növényi sejtekével azonos ozmózisnyomású oldatokat nevezik izotóniásnak.

¹² Ismert, hogy a statisztikában a legnagyobb gyakorisággal a tüdő és a bőr rákos megbetegedései szerepelnek. Belátható, hogy **mind a tüdő, mind a bőr határfelületén három fázis érintkezik**, (pszeudo vagyis közel) szilárd (sejttel) – folyadék (sejtnedv, vagy általában vizes oldat) és gázfázisú anyagok (a levegő gázai). Márpedig a határfelületi (több fázis határán lezajló) folyamatok eleve összetettebbek (több tényezőtől függőek) lehetnek, mint a folyadék fázisban lezajló homogén reakciók, vagy kölcsönhatások. A fázishatáron a felületi erők a rendszeridegen (károsító) anyag molekuláit/ionjait tartósan megköthetik, ezért hosszabb idő áll rendelkezésre, hogy valamilyen nem kívánatos reakció bekövetkezhessék. Ráadásul még az ilyen adszorbatum (= felületi erőkkel megkötött anyag) aktív állapotba is kerülhet/.

($10^6 - 10^7$ -szeresére, rövidebben pedig $6-7$ nagyságrenddel!) kell növelni. Erre szolgálnak az ún. *előhívó szerek*,¹³ amelyek szelektíven redukálnak. Ennek eredményeként a fotoemulzióból ezüstatomok válnak rá, vagy ki a góckokra.

Könnyen belátható, hogy nemcsak a **gócképződésnek vannak feltételei, hanem a gócnövekedésnek is**. A gócnövekedéshez szükséges ionoknak, vagy molekuláknak ugyanis a góc megfelelő helyére, vagy „pontjaihoz” el kell jutniuk, de ha ezt a *transzportot* bármi (akár fizikailag, akár kémiaiilag, akár más módokon) meggátolja, akkor a góc nem tud növekedni. A legtöbb esetben a rákos góckok növekedésében még az is szerepet játszhat, hogy nem egyszerű növekedésről van szó. Pl. különböző lebomlási termékek vagy melléktermékek is keletkezhetnek, amelyek – nem kívánt módon – újra beépülnek, vagy éppen hogy el kellene távozniuk, hogy egyszerű felhalmozódásukkal, csupán már térbelileg (szferikusan) se akadályozzák meg a növekedéshez szükséges ionok, vagy molekulák eljutását az adott sejt, illetve góc megfelelő helyére vagy pontjaira.

A továbbiakban megkíséreljük bemutatni a kémikusi gondolkodás hasznát, a sokat vitatott *homöopátia* és a gyakori fellépéséből ismert *csonttrikulás* problémakörének a megvilágításában és értelmezésében.

A homeopátia problémaköre

A 19. században élt oldenburgi orvos, Schüssler nyomán középiskolai diákok (kémiai hét keretében) foglalkoztak a homeopátiával

[8]. A következő ismeretekből indultak ki: amíg az orvoslásban egy betegséggel szemben valamilyen ellentétes hatású gyógyszer (általánosabban anyagot) alkalmaz, pl. gyomorégészkor „antacidát” (= sav/bázis-puffert¹⁴), addig Schüssler szerint viszont *olyan szerrel (is) le lehet küzdeni egy betegséget, ami hasonló tüneteket képes előidézni, mint maga a betegség*.

Hahnemann (1755-1843) feltételezte, hogy *kétféle inger van*: amelyek egymással nagy hasonlóságot mutatnak és az emberi testben nem egymás mellett lépnek fel. Az *erősebb inger a gyengébbet kiválthatja, vagyis helyettesítheti*. E gondolatok nyomán Hahnemann a reumás bántalmak ellen *benzoesavat*, az *allergiákkal szemben pedig hangyasavat* javasolt, azaz olyan anyagokat, amelyek hasonló tüneteket okoznak.

Hitvallói szerint a homeopátiás anyag hatásfokának a hígítással emelkednie kellene. Az erre alkalmazott **hatványarányos** (= nagyságrend-arányos) hígítás (jele D) művelete a következő példával szemléltethető: egy *törzskészítményt* (Schüssler-féle anyag/ok/ból¹⁵) tejcukorral, az előbbi tömegegységére vonatkoztatva, 1 : 10 (= D1), 1 : 100 (D2), 1 : 1000 (D3) stb. hígítják.

A Schüssler által bevezetett *nagyon kis hatóanyag-mennyiség* fogalma sokunknak jellegzetes és nehezen megemészthető probléma. Nem az ún. „hasonlósági elven”¹⁶ alapszik. Nevezett abból az elgondolásból indult ki, hogy a *szervetlen sók lényeges alkotói a sejteknek*, ezért pl. a gyomor megbetegedése e sók hatására (túlzott jelenlétére vagy hiányára) vezethető vissza, ennek következtében a homöopátiás adagolá-

¹³ „Minden fotográfiai előhívó redukáló szer, de nem minden redukáló szer előhívó.” A szelektivitás itt azt jelenti, hogy a film fényérte helyein, a látensképben, az elnyelt fotonokkal arányos mennyiségben válnak ki (ezüsthalogénid-molekulából) az ezüstatomok. (A fotonok által nem „zavart” helyeken az ezüstionok nem redukálódnak, ezért kell az előhívás befejezése után a képet fixálni, állandósítani, vagyis rögzítőszóval kioldani a fotoemulzió fölöslegessé vált ezüst-halogenidjeit).

¹⁴ A sav/bázis-pufferek valamely sav savasságát, vagy lúg lúgosságát tompítják, ezért tompító oldatoknak is nevezzük őket.

¹⁵ A [8] cikk szerint a következő sókból: KCl, K₂SO₄, CaSO₄ · 2 H₂O* és ezek kiegészítő szereiből: KBr, KI, KAl(SO₄)₂ · 12 H₂O** készítették. (A *gipsz és a **timsók képletében a H₂O hidratvizet, a kristályos állapotú anyagok esetében pedig kristályvizet jelöl.)

¹⁶ Hasonló anyagok, hasonlóan oldódnak.

sú (hígított ható-) anyagok bevitelével a **sóhiánynak** fokozhatónak kell lennie. A hígítás fokozásával azonban egy **határkőhöz** jutunk, mert – a természettudományok mai szintjén – egyszerűen elképzelhetetlen, hogy egy gyógyszer, amelyet pl. $1 : 10^{12}$ (= D12) arányban felhígítottak, még hatásos lehet (olyankor, amikor a hatóanyagot már a legmodernebb analitikai módszerekkel sem lehet kimutatni, illetve az elvileg bármikor és bárhol jelenlévő szennyezősektől megkülönböztetni).

Jogos vitára ad tehát okot, hogy amennyiben egy hatóanyag jelenlétét már nem tudjuk kimutatni, akkor ez egyben azt is jelenti-e, hogy hatása sincs.¹⁷

Néhány Schüssler-féle szerről és homöopatikusan ható anyagról *placebohatást* meghaladó mértékű hatékonyságot mutattak ki. (Sokakról viszont ugyanezt még nem sikerült hitelesen megállapítani.) Hatásmechanizmusuk azonban nem, vagy alig ismert, minthogy az egyes betegségekben, illetve a gyógykezelés során végbemenő folyamatokat a természettudomány törvényeivel nem lehet leírni és megérteni, vagyis köznyelven szólva, a *természetgyógyászatnak* nevezett tevékenység lényegében **hit** kérdése. [9]

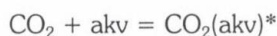
Okozhat-e csontritkulást a „szénsavas ásványvíz”?

Jdőnként felreppen a hír, hogy a szénsavas ásványvizek fogyasztása csontritkulást okoz. Kíséreljük meg ezt a problémát is kémikus módjára megközelíteni:

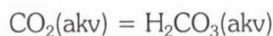
A természetben előforduló vizek és ásványvizek vagy eleve telítve vannak szénsavval

(H_2CO_3), vagy szén-dioxiddal (CO_2) dúsítják őket.

A széndioxid-gáz részben *fizikailag* (hőmérséklettől /T/ és nyomástól /p/ függő mértékben) oldódik a vízben (1), nagyobb részt pedig – mint *savanhidrid* – kémiai reakcióba lép a vízzel (2), ez utóbbi sebességének a mértéke is függ a T-től és a p-től. Ekkor a szénsav (viszonylag lassan) képződik, de mivel molekulája ionokból épül fel, ezért a vízben, mint oldószerben ionokra bomlik: *disszociál*. A vázoltakat a következő egyenletekkel fejezhetjük ki, sematikusán:



(1) fizikai folyamat



(2) kémiai reakció



(3) elektrolitikus bomlás



(4) vagy disszociáció

* Az *akv* rövidítés általában sok vizet, vagyis oldószer-mennyiségű vízmolekulát jelent, képletekben pedig *vízmolekula-burkot* jelöl. (Az ionokat körbevevő vízmolekulák együttesét *hidrátburoknak* nevezzük. Ennek lehet belső és külső héja.)

A (3) és (4) elektrolitikus bomlás, vagy disszociáció, egyensúlyra vezető folyamat, aminek helyzete és mértéke nemcsak a hőmérséklettől (T) és nyomástól (p), hanem a közeg savasságától (= pH-jától) is függ. Minél savasabb a közeg, az egyensúly annál inkább balra tolódik el, a lúgosban pedig fordítva. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy az adott ionok mennyisége (előfordulási gyakorisága) a közeg pH-jától függ. (A pH a hidrogénion koncentrációjának /egzak-

¹⁷ Napjainkban gyakran értesülhetünk arról, hogy világhírűvé vált sportolók vér- és egyéb mintáiban „meg nem engedett” serkentő szerek nyomaira bukkantak. Ezek az egyre áttekinthetlenebbnek tűnő és érthetetlen híradások jól tükrözik az ajzószeres használatának az ellentmondásosságát. Ki tudja és hogyan eldönteni, hol a határa a teljesítménycsökkentésnek: milyen mértékben függ egy kiemelkedő teljesítmény az adottságtól és az edzettségtől, vagy az engedett (miért az?) és nem-megengedett (miért éppen az adott szer nem az?) anyagok fogyasztásától, illetve, hogy mikortól meddig, mit és mennyit lehet „büntetlenül szedni” stb.

tabban aktivitásának/ a tízes alapú, negatív logaritmus) a kis koncentrációjú oldatokban az aktivitás megegyezik a szokásos értelemben vett koncentrációval, azaz

$$pH = -\log [H^+] \quad (5).$$

A savas tartomány $pH = 0$ -tól 7 -ig, a lúgos pedig 14 -től 7 -ig terjed. (A sav, illetve lúg koncentrációja a felírás szerint csökken.) Ha első közelítésben az aktivitást egyenlőnek vesszük a kémiai koncentrációval, akkor annak az oldatnak a pH -ja $= 0$, amelyben $[H^+] = 1 \text{ mol/dm}^3$, azé pedig $= 14$, amelyben a hidroxidionok koncentrációja $[OH^-] = 1 \text{ mol/dm}^3$, ugyanakkor a $[H^+] = 1 \cdot 10^{-14} \text{ mol/dm}^3$. Kémiai szempontból az a közeg semleges, amelynek a $pH = 7$, vagyis ebben az oldatban $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$. A nem-szennyezett levegővel egyensúlyban lévő tiszta víz pH -ja általában 6 körüli, de pl. a savas esőké a legsúlyosabb esetekben elérheti a $pH = 4$, vagy még kisebb értéket is.)

Az emberi csont fő tömegét a csontszövet alkotja, amelynek szilárdságát szervesen, rugalmasságát pedig szerves hatóanyagok adják. Állománya kétféle: kemény, vagy tömött csontállomány, valamint lemezek és gerendák hálózataiból álló szivacsos állomány. Ez utóbbiban található a vérképzés fontos szövete, a csontvelő. Kívülről a vérerekben és idegekben gazdag hártya burkolja. A lemezes felépítésű csontszövet szerkezeti egységei az oszteonok. Ezek közepén vérér halad, amelyet koncentrikus körökben, az egymáshoz nyúlványokkal kapcsolódó csontsejtek és lemezek vesznek körül. A lemezekben enyvadó (= ragasztó) rostok haladnak. [9]

A csontritkulást okozó ásványvíz a szilárdságot fenntartó szervesen (nagyon leegyszerűsít-

ve), túlnyomóan kalcium (és sokkal kevesebb stroncium) – karbonát (+foszfát) – tartalmú szerkezetre hat, illetve ennek felépítését támadja meg. Rövidebben: **a kemény állomány szerkezetét károsítja**. Ha igaz lenne ez a feltevés, akkor valamiféle cseppkő-képződési mechanizmus¹⁸ fellépését lehetne elképzelni, minthogy a hidrogénkarbonát-ionok (HCO_3^-) lazítanak meg és vinnék oldatba a váztartó és stabilizáló szerepet betöltő kalciumionokat. (A kalcium-hidrokarbonát, ellentétben a kalcium-karbonáttal /l. mészkő/, vízben viszonylag jól oldódó anyag.) Ehhez azonban az előzőekben részletezett szénsavas ásványvízből a hidrogénkarbonát-ionoknak el kellene jutniuk a csontrendszerbe. (Az ásványvizekben valóban sok lehet a hidrogénkarbonát-ion, de természetesen mindig az adott esettől /az összetételtől/ függő mennyiségben, minthogy ezek pH -ja általában kb. $6 - 8$ tartományba esik, ahol a hidrogénkarbonát- és a karbonátionok mennyisége összemérhető és viszonylagosan nagy.)¹⁹

Az emberi testet egy jól szabályozott kémiai- (vagy inkább biokémiai vagy bio-elektrokémiai) rendszerként lehet felfogni, amelyben **a megivott ásványvíz összetevői átalakulnak**. Könnyű belátni, hogy a gyomorban lévő kb. $0,1$ mólós sósav kiszorítja (felszabadítja) a szén-dioxidot (l. búfógási tünetek). Tehát igen kicsi a valószínűsége annak, hogy az emésztő rendszeren át – ásványvízből – hidrogénkarbonát-ionok közvetlenül jutnának el a csont érhálózatába.

Gondoljunk arra is, hogy az étellel minden jut be szervezetünkbe, és hogy végül a csontrendszer felépülése és állapota stb. semmi képpen sem függhet az időnként (akár ha rendszeresen is) fogyasztott ásványvíz mennyiségétől.

¹⁸ L. cseppkőbarlangok kialakulása.

¹⁹ A vizek friss izének állandósításában nagy szerepe van a szén-dioxidnak, illetve a belőle képződő ionoknak, de főként a hidrogénkarbonát-ionnak. Ezért közkedveltek a szénsavas ásványvizek, vagy általában a szén-dioxiddal dúsított ivóvizek. Az állott, vagyis már frissnek nem érzett vízben a vázolt ionegyensúly kedvezőtlen irányban el van tolódva. A természetes vizek ionegyensúlyának kialakításában a tárgyalaton túlmenően részt vesznek a szilikácionok (kissé önkényesen: $HSiO_4^{3-}$ és SiO_3^{2-}) is, amelyek éppen bizonytalan összetételük, vagyis kis stabilitásuk miatt gyorsabban és talán még inkább kihatnak a víz élvezeti értékére, azaz a mindenkor víz, vagy ivóvíz friss érzetének a keltésére.

(Ez a megállapítás közel sem érvényes a foszfát-tartalmú folyadékokra. Tekintettel arra, hogy a karbonátnál erősebb savat képező foszfát-ionok inkább eljuthatnak a csontszövetekbe, ahonnan ténylegesen kiszoríthatják a karbonátionokat, miáltal tényleg fellazulhat a csont szerkezete.)

Amennyiben az ásványvízzel bejutó szén-dioxid valóban csonttritkulást idézne elő, akkor az emberi test felépítését és működését eleve rossznak kellene minősíteni. Hiszen ismert, hogy a szén-dioxid, mint az anyagcsere „égésterméke”, folyamatosan és igen nagy mennyiségben kerül közvetlenül a vérbe, a tüdőben pedig a levegő létfontosságú oxigénjével kicserélődik. Az itt zajló, *szелеktív molekulacseréhez* a vénás erek szállítják a szén-dioxidot, az oxigénben feldúsult vér pedig az artériás ereken át jut vissza a megfelelő szervekbe, illetve helyekre. Ha bármilyen oknál fogva nem lesz tökéletes ez a folyamat (pl. a CO_2 – molekulák mennyisége nem csökken le kellően az artériás erekben), akkor valóban fel lehetne tételezni, hogy a vér (közel semleges) pH-ján megnövekedne a hidrogénkarbonát-ionok koncentrációja és felléphetne a vázolt cseppkőképződési mechanizmus.

Összefoglalás

A természettudományok közül talán a kémia az, aminek jelentőségéhez és széleskörűen szerteágazó, óriási szerepéhez kétség sem férhet. Minthogy nemcsak az anyagtudományokban van kulcsszerepe, hanem a biológiában, a gyógyászatban, vagy általában az orvostudomány egészében, de mindennapi életünkben: az iparban, a mezőgazdaságban, a közlekedésben, a háztartásban egyaránt; bárhol és mindenkor tetten érhető. Talán ezért is ismerik el kevésbé, nem értékelik kellően, érdeme szerint. Hiszen megszoktuk, mert annyira természetes, mint a napfény, mint az egészség. Ezekre általában csak akkor figyelünk oda, amikor már hiányoznak, vagyis akkor vesszük **komolyan**

őket, amikor bajba, vagy veszélybe kerültünk, tehát valamilyen **zavar már fellépett**.

Ebben a pályamunkában megkíséreltük felvázolni és példákkal bemutatni a kémikusi gondolkodás mikéntjét. Törekedtünk megvilágítani, hogy hogyan segítenek a kémiai ismeretek eligazodni mindennapjainkban, és hogy hogyan lehet egyes problémákat – kémiai oldalról – megközelíteni.

Irodalom

- [1] Nagy L., Massimo Trotta: Tanulhatunk-e a molekuláktól? A mesterséges fotoszintézis megvalósításának lehetőségei, Term. Vil. 2000/2. pp. 58-61
- [2] Görög S.: Analitikai kémia és gyógyszerbiztonság. Első rész: Hatékonyság, szennyezettség és biztonság. Ibid. 2001/6. pp. 253-257
- [3] Baxter, P. A.: A History of Electric Lamp, IES Lighting Review, February 1980, pp. 21-25
- [4] Bartha L., Gaál I.: Izzószál-minőségű volfrám – a Tungsram névadója, Fizikai Szemle, 1996/9. pp. 300-308
- [5] Róka A.: A fenntartható tudatlanságtól a fenntartható fejlődésig, Term. Vil. 2000/8. pp. 340-342
- [6] Inzelt Gy.: Kétszáz éves Alessandro Volta találmánya, Ibid. 2000/11. pp. 503-505
- [7] Atkins, P. W.: Fizikai kémia I-III, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- [8] Wiskamp, V.: „Chemie und Gesundheit” – Thema einer Projektwoche, Chem. Schule 45, (5), 298 (1998)
- [9] Csaba Gy.: A hit gyógyító ereje, Term. Vil. 1999/11. pp. 506-509
- [10] Akadémiai Kislexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989, A-K kötetben 1. a 383. oldalon a csont, a 384. oldalon pedig a csontszövet címszót, illetve a 480-481. oldalak között, a 2. képpoldalon: a csontrendszer szemléltető ábrát
- [11] Beck M.: Érdekes kémia, Magy. Kém. Lapja 46, 98 (1990) 2001. 08. 31.

Dr. Makleit Sándor

Tanítsuk vagy ne tanítsuk a Markovnyikov-, illetve az anti-Markovnyikov-szabályt?

Ferre az igen fontos kérdésre a válasz az, hogy – elsősorban didaktikai okokból – ne tanítsuk, illetve ne ezt tanítsuk.

A legtöbb kiváló tankönyv a Markovnyikov-szabályt a következő módon írja le: a hidrogén-haloidok addíciója nem szimmetrikus szerkezetű alkénekre úgy megy végbe, hogy a **hidrogén** addíciója arra a szénre történik, amely már eredetileg is több hidrogént tartalmazott. [1-5]

Mit is írt le tulajdonképpen Vlagyimir Markovnyikov, moszkvai professzor 1870-ben?

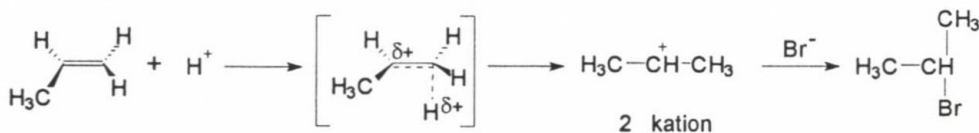
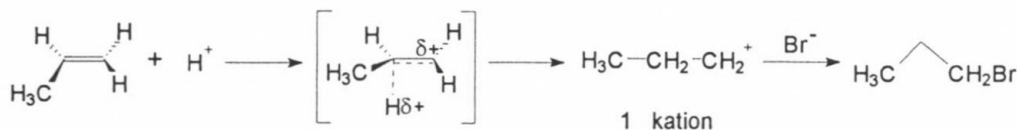
Nem szimmetrikus alkénekre a hidrogén-haloidok addíciója úgy megy végbe, hogy a **halogén** arra a szénre kapcsolódik, amely kevesebb hidrogént tartalmaz. [6-8]

A reakció végeredménye természetesen azonos mindkét esetben, de tudománytörténeti szempontból szükséges a pontosság.

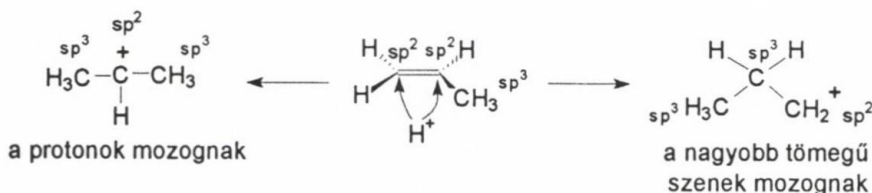
Markovnyikov úttörő jellegű, jelentős megfigyeléseinek fontosságát elismerve és azt nagyra értékelve is azt kell figyelembe venni, hogy a reakció lefutásának értelmezése abban az időben még nem volt lehetséges.

A következő fogalmak ugyanis lényegesen későbbiek: regioszelektivitás, a karbokationok és gyökök relatív stabilitása, az elemek elektromegativitási sorrendje, az átmeneti állapotok, a legkisebb mozgás elve, az induktív és mezomer (rezonancia) hatás és a hiperkonjugáció.

Lássunk és értelmezzünk néhány példát.



1. ábra



2. ábra

A propén hidrogén-bromid addíciójára elvileg két lehetőség van, amint azt az 1. ábra mutatja, az átmeneti állapotokat is ábrázolva. Az első út 1° karbokationon áthaladva propilbromidot eredményezne. A valós eredmény a második út, mivel ez a stabilabb 2° karbokationon át vezet 2-brómpropánhoz. A reakció regioszelektív.

A 2. ábra szerint is – a legkisebb mozgás elve alapján – ez kell, hogy képződjön. [9, 10]

A 2-pentén hidrogén-haloid addíciója (3. ábra) esetén mindig a metil-csoport melletti szénatomon alakul ki a kationos centrum a Zajcev-Wagner empirikus szabály szerint, amely a következő módon értelmezhető: bár az etilcsoport + I (induktív) effektusa és ezáltal a karbokation energiáját csökkentő és így annak stabilitását növelő hatása erősebb, mint a metil-csoporté, de a metil-csoport hiperkonjugációs kölcsönhatása a karbokationnal hatékonyabban stabilizál. [11]

Most nézzünk néhány ránézésre „meghökentő” példát.

A 2,4-hexadién négy azonos telítettségű CH szerkezeti elemet tartalmaz. Az eredmény mégis

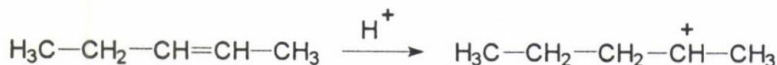
egyetlen termék. A képződött kation szerkezetét, vagyis a nukleofil támadás helyett, s ezáltal a végtermék szerkezetét a rezonancia által (mezomeria) stabilizált allilkation képződése határozza meg (4. ábra).

A következő példa az 1-fend-propén HX addíciója (5. ábra). Vizuálisan gondolkodva először itt is zavarba jöhetnénk. A regioszelektivitást és az egységes termék képződését ez esetben az allilkationnal azonos stabilitású, szintén rezonancia révén, benzilcation képződése biztosítja.

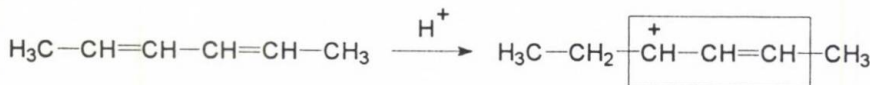
Hasonlóan a rezonancia által ($-I + +M$) stabilizált kation képződése ad magyarázatot a vinilklorid HCl addíciójára (6. ábra).

Vizsgáljuk meg a 3,3,3-trifluorpropén HBr addícióját (7. ábra). A trifluorometil-csoport erősen elektronvonzó tulajdonsága miatt a 2° kation energiája erősen megnő, a pozitív töltés mértékének növekedése révén, s így kevésbé lesz stabilis, mint az 1° kation.

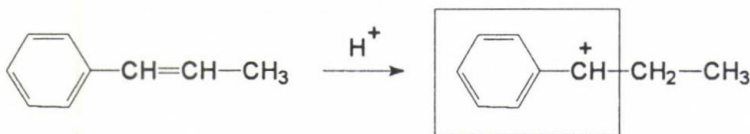
Korábban sok nehézséget okozott a propén HBr addíciójának értelmezése fény, vagy peroxidok jelenlétében. 1933-ban (Kharasch és



3. ábra



4. ábra



5. ábra



6. ábra

Mayo) kiderült, hogy e reakció gyökös láncreakció (8. ábra) és a stabilabb 2° gyökön át vezet. (Vegyük észre, hogy itt a reakció első lépésében a brómatom reagál.)

Lássunk néhány példát azokra az esetekre, amikor az addicionáló partner nem HX jellegű.

A HOCl addíciója a 9. ábrán látható. Először azt kell felismernünk, hogy ez esetben az erősebben elektropozitív Cl⁺ veszi át a H⁺ szerepét és így az ábrázolt regioselektivitás érthető.

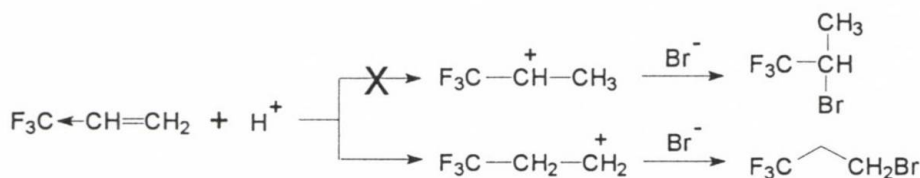
A HOCl addíciójának egy másik érdekes példája a 10. ábrán található. A 3° kationhoz (B) vezető reakcióút formálisan kedvezőbbnek tűnik, mint a 2° kation (A) képződése, mégis ez valósul meg, mivel B kation hídfőben található és így a szükséges trigonális planáris téralkat nem alakulhat ki.

Mi a helyzet a propén BH₃ addíciójánál (11. ábra)?

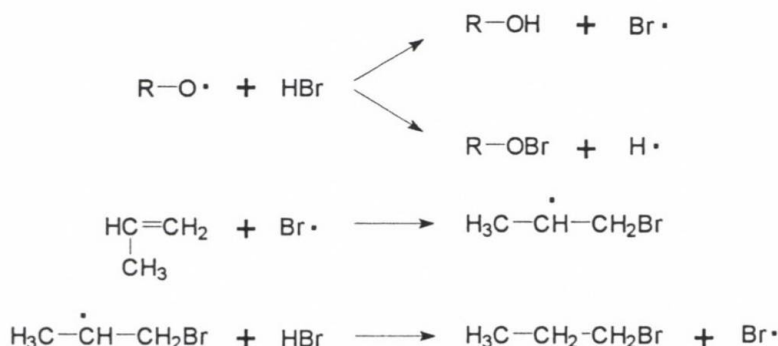
A megfigyelt regioselektivitást elektronos és szférikus faktorokkal értelmezhetjük: a BH₃ szférikus okokból könnyebben hozzáfér a CH₂ szerkezeti részhez, s ugyanakkor az átmeneti állapotban kialakuló δ⁺ töltés mértékét a metil-csoport + I effektusa csökkenti és ezáltal stabilizálja.

Ebből a néhány példából is látható, hogy egyrészt az ún. anti-Markovnyikov-szabály fogalma elvesztette értelmét, másrészt pedig a Markovnyikov-szabály oktatása korszerű, pontos részletek nélkül vizuális-formális magolós jellegű hallgatókat eredményez.

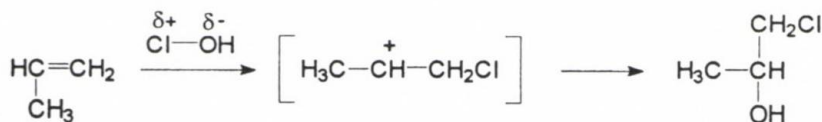
Ezen összeállítást 2001 augusztusában, a szigorlatok tapasztalatai alapján készítettem és a Tanszék vezető oktatóival is megbeszéltem. Örömmre 2001 októberében jelent meg E.E. Gooch hasonló tartalmú rövid közleménye Moving Past Markovnyikov's Rule címmel. [12]



7. ábra



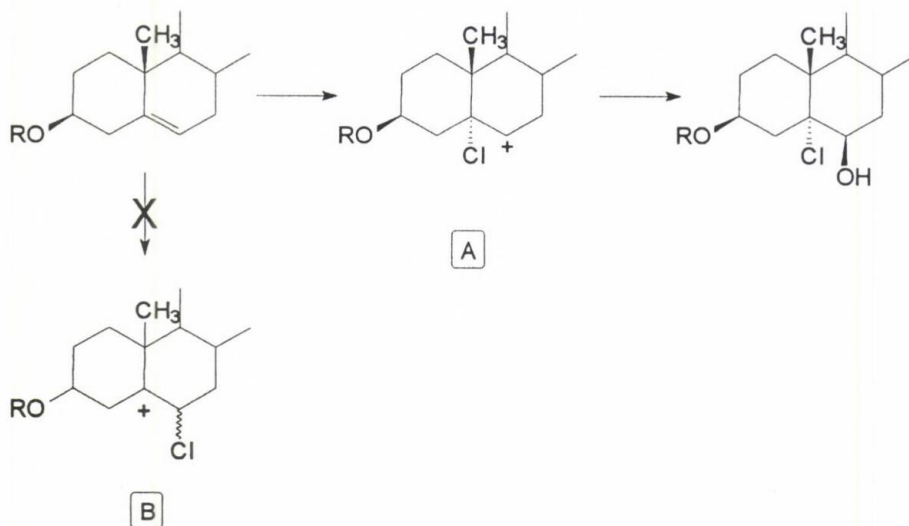
8. ábra



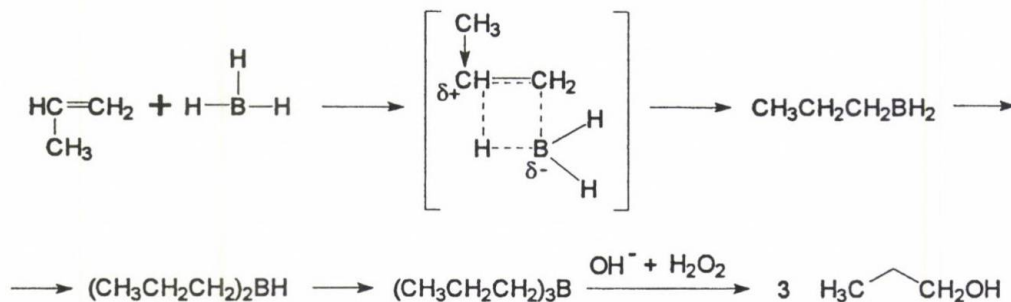
9. ábra

Irodalom

- [1] Bruckner Győző: Szerves Kémia I-1, Tankönyv Kiadó, Budapest, 1961., pp. 121, 123, 182.
- [2] Hans Rudolf Christen, Fritz Vögtle: Organische Chemie Band I, Otto Salle Verlag Frankfurt am Main, Aarau; Frankfurt am Main, Salzburg, 1988., p. 198.
- [3] Wolfgang Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1991., 22. Edition, p. 71.
- [4] K. Peter, C. Vollhardt: Organic Chemistry, W.H. Freeman and Company, New York, 1987., p. 465.
- [5] Jonathan Clayden, Nick Greeves, Stuart Warren, Peter Wothers: Organic Chemistry, Oxford University Press, 2001., p. 510.
- [6] Hans Rudolf Christen, Fritz Vögtle: Organische Chemie Band I, Otto Salle Verlag Frankfurt am Main, Aarau; Frankfurt am Main, Salzburg, 1988., pp. 428, 538.
- [7] G. Marc Goudon: Organic Chemistry, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1995., 3. Edition, p. 146.
- [8] T.W. Graham Solomons: Organic Chemistry, John Wiley and Sons Inc., 2000., 7. Edition, p. 24.
- [9] Szántay Csaba: Elméleti Szerves Kémia, Műegyetem Kiadó, 1996., 4. kiadás, pp. 246, 352.
- [10] J. Hine: J. Org. Chem. 31, 1236-1244 (1966).
- [11] S. Ehrenson: J. Am. Chem. Soc. 86, 847-854 (1964).
- [12] E.E. Gooch: J. Chem. Educ. 78, 1358-1359 (2001).



10. ábra



11. ábra

Dr. Galbács Zoltán

Környezetvédelem a kémikusok háza táján

A kémikusnak olykor (nagyon) nehéz

Análunk fejlettebb iparú országokban már évtizedekkel korábban felfigyeltek a környezetvédelem fontosságára. Az ipari katasztrófák, a vegyszert szállító kamionok balesetei sok embert döbbsentettek rá a veszélyekre. A szenzációra szomjas sajtó túlzásai lassan olyan közhangulatot alakítottak ki (külföldön), hogy mindenért a kémikusok felelősek. Szerencsére ez a nézet mégsem válhatott uralkodóvá. Az igazság az, hogy nem csupán a szörnyű balesetek, de valójában minden szükséges tevékenység legalább részben kémiai folyamatok révén valósulhat meg. **A természet javai közül semmit sem tudunk hasznosítani kémiai átalakulások nélkül**, hacsak nem kívánunk kőkorszaki módon élni! Az ércből történő fémelőállítás (a redukció olvasztárok, kohómérnökök közreműködésével), a gumiabroncsok előállítása (vulkanizálók munkájaként), a ruháink anyagának előállítása (többségében műszálakból), a sör erjesztése, az autók korrózióvédelme, gyógyszerünk készítése, stb. mind kémiai folyamatok még akkor is, ha azokat nem kémikusnak nevezett személyek (hanem pl. olvasztárok) végzik. Végző soron az élő világ minden tevékenysége kémiai (biokémiai) folyamatok sokaságából alakul ki. Ilyen kémiai folyamat a táplálék emésztése, a lélegzés, az anyagcsere, stb. is. Joggal tekinthető a kémia kikerülhetetlennek, azaz nem elvetendő, hanem hasznosítandó ismeretnek.

A kémikus a „mindenható” kémiai folyamatok révén is, de különösen három területen segítheti a környezet védelmét:

- a környezet szennyezéseinek kimutatásával, a kémiai analitika révén segít a veszélyek felmérésében,
- a már felhalmozódott veszélyes anyagokat segít kémiai technológiai folyamatokkal eltávolítani és ártalmatlanítani,
- azáltal, hogy rádöbbsentünk egyes technológiák veszélyes környezetszennyezésére, mindinkább törekszenek a szennyeződés megakadályozására, olyan technológiák létrehozására, amelyek nem szennyeznek a környezetet. (Pl. működnek már olyan papírgyárak, ahol szennyvizet nem bocsátanak ki, a vízigényes papírgyártásnál a vizet zárt körben használják.)

A környezet védelme csak akkor lehet eredményes, ha arra mindenki törekszik. És hiába környezetvédő majdnem mindenki, ha akadnak néhányan, akik szándékosan, vagy tudatlanul semmibe veszik a természet védelmét. (A fémsóoldatot szállító szippantós kocsirakományát a méregtemető helyett be lehet juttatni pl. a városi szennyvíztisztítóba is, szabálytalanul! Ez üzemanyag-megtakarításként hasznot hozhat a járművezetőnek (ha a büntényt nem fedezi fel), de a város biológiai szennyvíztisztítóját megmérgezve hetekig megakadályozhatja a nagyobb közösség javára végzett szennyvíztisztítást. Másik példaként említhető, hogy egyetlen higanyos lázmérő higanytartalmát beoldva a városi víztorony vizébe, azzal az egész város (víztorony) vizét megmérgezhetik, mert a Hg-ra vonatkozó határérték 1 µg/liter.)

Ahhoz, hogy a „mindenható” kémiai folyamatok ember által működtetve ne tegyék tönkre a környezetünket, fontos lenne, hogy az általános iskolában a kémiai folyamatok minimumát, a gyakorlatban lényeges, a mindennapjainkban, környezetünkben lejátszódó folyamatokat mindenki megismerhesse. A kvantumkémiai összefüggéseket elég az egyetemen megismerni, de a közforgalmú veszélyes anyagokat, (oltott mész, klórmész és sósav, permetezőszer, stb.) árukat mindenkinek ismernie szükséges. Ne fordulhasson elő, hogy a gombelemeket (a HgO-os elemeket is) árusító városi üzlet csak azért gyűjti a rossz elemeket (a vásárló által helyben kicseréltet), hogy majd egy gyereknek játék céljára átadja. (A gyerek tegyen vele amit akar, legyen az ő felelőssége,... csak nem fogja a boltos elvinni a hatósági gyűjtőhelyre?!!!)

A kémikus, képzettsége révén leginkább tudja, mely anyagnak milyen a veszélyessége. Épp ezért nehéz elviselnie, hogy mások nap mint nap semmibe veszik az elemi védelmi szabályokat, olykor a saját egészségük védelmét is. Példaképp a dohányzást említeném. A dohányfüst legalább 500 különféle, köztük számos igen veszélyes anyagot tartalmaz (nem ok nélkül hal meg évente sok ember tüdőrákban vagy más, dohányzással összefüggő betegségben Magyarországon). Csupán az egyetlen dohányfüstalkotó (a nikotin) kedvéért, és semmibe véve a cigarettadoboz feliratát (miszerint a dohányzás káros a dohányzó és környezete egészségére) igen sokan (a fejletlenebb országokban még nagyobb arányban) dohányoznak. Mennyire lehet bízni abban, hogy a dohányosok majd törekszenek a környezet védelmére, ha még a maguk (és környezetük) egészségét sem védik? Elvárható-e azoktól a környezet védelme, akik nem csupán a buszmegálló környékét, hanem a fürdőhelyek pázsitját (Hajdúszoboszló, 2001. augusztus 20.) is betérítik eldobott csikkkel, (és nem az odahelyezett

hulladéktárolóba dobják), amivel azt kockáztatják, hogy egy tudatlan kisgyerek szájába veszi és lenyeli. Mivel egyetlen cigaretta nikotintartalmát vízzel kiáztatva (és azt megítatva) több ember halálát lehetne okozni, a gyerekre életveszélyes a csikk lenyelése! (A dohányzáskor a nikotin nagyobb része elég és nem kerül a szervezetbe. Csak ezért nem hal meg azonnal a cigarettázó!)

Érdemes azt is tekintetbe venni, hogy a Földön mekkora a biológiailag értékes rész aránya. Az ember mégoly hasznos tevékenysége mellett a szabályozásban csupán az élővilág képes a folyamatokat „kézbent tartani”. (A szabályozásba most nem értendő bele a hőmérséklet-kiegyenlítés fizikai folyamata, az óceán vízének párolgása, a kondenzáció, üvegházhatás stb.). A Föld 6 370 000 m-es sugarához képest „elhanyagolható”, kb 1 m-nyi az a réteg, (tömeg) amely a Föld felszínén az ember számára is élhetővé teszi a viszonyokat. Ha a kertben leásunk a földbe, akkor néhány ásonymnyi mélységben már agyagot találhatunk. A kopár hegyek felszíne esetleg kevesebb, a vizek halálománya talán többet, de globálisan közelítőleg 1 méteres réteget képvisel az élő tömeg. Ez ugyan az egyetlen ember tömegéhez mérten iszonyúan sok, de földi méretekhez képes nem jelentős. Mégis itt zajlik le az asszimiláció, a tápláléklánc, stb.a számunkra is fontos anyagátalakítások zöme. Elég volt egy kozmikus katasztrófa (nagyobb meteorral való ütközés), vagy egy időlegesen nagyobb vulkanikus tevékenység ahhoz, hogy a Föld történetében fajok hatalmas tömegei kipusztuljanak. Sajnos, hasonló méretekben az ember is képes pusztítani. Épp ezért volna fontos, hogy mindannyian védjük ezt a vékonyka réteget a Földön, az élővilágot, a környezetünket.

A környezetvédelem olykor eredményes

Az egyetemen dolgozók épp képzettségük révén segíthetnek másoknak is. Már negyedszá-

zaddal korábban, 1975-től Huhn Péter egyetemi tanár vezetésével folytak környezetvédelmi kutatások a JATE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén. Az **ivóvíz: kincs** jelentőségét másoknál előbb felismerve és tudatosítva tevékenykedtek.

A hetvenes évektől vált közismertté, hogy Magyarországon a felszín alatti vizek veszélyesen magas, tűz- és robbanásveszélyes metántartalmazznak. A valós helyzet megismeréséhez tízezerrel kellett metántartalom meghatározásokat végezni. A Tanszéken korábban gázreakció kinetikai vizsgálatok folytak. Így a gázkromatográfiás mérési tapasztalatok és a vízben oldott gázok kinyerésére szóba jöhető eljárások ismerete segített abban, hogy a rétegvizek vizsgálatához módszereket dolgozzanak ki. Nem csupán közreműködtek az ország déli megyéiben a rétegvizek (ivó- és termákvizek) gáztartalmának meghatározásában, hanem a vizsgálatokra a Vízmű Vállalatok laboratóriumait is képessé tették. Készítettek gáz-víz viszony meghatározásához minitaveteli berendezéseket. A vízből történő kinyeréshez gázkihajtó mérőegységeket építettek. Mindaddig, amíg maguk a Vízmű Vállalatok nem váltak önállóan is mérőképesse, a Tanszék több, mint 12000 vizsgálatot végzett. A rutinfeladatok (a metánveszélyesség megállapítása) mellett elvégeztük az egyéb oldott gázok vizsgálatát és a vizek vízkémiai vizsgálatát is. A metánhomológ szénhidrogének vizsgálata jó korrelációt mutatott az azóta ismertté vált szénhidrogén előfordulásokkal. A MÁFI Területi Földtani Szolgálat munkatársai segítettek abban, hogy a vízkémiai összefüggések, az ivóvíz metántartalmának eredetére vonatkozó megállapítások térképen is ábrázolhatók legyenek.

Vizsgáló berendezéseink 1978-ban a Budapesti Nemzetközi Vásár MTA kiállításán is megjelentek (de a szabadalmaztatásra az oktatási intézmény érdektelensége miatt nem kerülhetett sor).

Segítettünk a vizsgálatokra vonatkozó szabványok kidolgozásában.

Mivel a megengedhető metántartalomnál a magyarországi ivóvizek többet tartalmaztak, tömegesen kezdtek gáztalanítókat telepíteni. Hamarosan kiderült a gyakorlatból (és a feleslegessé vált több száz beruházásból), hogy a gáztalanítás ún. levegőztetési módja a legtöbb helyen nem alkalmazható:

- A levegővel bejutó baktériumok a vizet fertőzővé alakíthatják.
- A levegő oxigénje a természetes vizekben található vas(II)-vegyületeket oxidálva vas(III)-hidroxidot képez. Ez gusztustalan barna csapadék, amely ráadásul képes a felületén szennyezéseket adszorbeálni, a baktériumok elszaporodását elősegíteni.
- További járulékos hatása az, hogy az ammónia-nitrit bakteriális átalakulását lehetővé teszi. Mivel Magyarországon sok vízben van (egyébként veszélytelen mennyiségű) ammónia, a gáztalanítással az veszélyes mennyiségű nitrit-ionná oxidálódik bakteriálisan. Mivel ezt fertőtlenítéssel nem lehet kivédeni, (mert élvezhetetlenné válna a víz), ezért inkább a gáztalanítást szüneteltették sok helyütt.

A Tanszék elsők között foglalkozott az előbbi gondokat kivédő gáztalanítási megoldással, a vákuumos gáztalanítással. Ez a technika nem csupán a fertőzést, a vas(III)-hidroxid kiválást és a nitratképződést akadályozza meg, hanem lehetővé teszi a globális felmelegedéshez is hozzájáruló metán kinyerését és hasznosítását.

Ugyancsak közreműködtünk az élővizek levegővel (oxigénnel) történő telítéséhez alkalmas technológiai megoldások optimalizálásában.

A különböző technológiai folyamatok során levegőbe kerülő káros anyagok vizsgálatához mérési módszereket és detektálási lehetőségeket kísérleteztünk ki.

1981-től, amikortól ráirányult a figyelem az ivóvizek arzéntartalmára, vizsgálatokat végeztünk az Alföld megyéiben az ivóvíz arzéntartalmának, az arzénveszélyesség megállapítására. Kialakítottunk teljesítőképes laboratóriumi és helyszíni mérőmódszereket.

A hamarosan beinduló arzéneltávolító technológiák hatásvizsgálatát is elvégeztük néhány esetben. Az arzénrel szennyezett, s így veszélyes hulladékként kezelendő vas(III)-hidroxid szűrése, tömörítése, ártalmatlanítására módszereket dolgoztunk ki.

Az egyik legnagyobb eredményként említhetjük, hogy sikerült olyan hatékony és új arzéneltávolítást kidolgozni, amely nem csupán hatásfokában jobb a korábbiaknál, de a képződő hulladék is kisebb, tekintve, hogy az adszorbens regenerálható. Ennek lakossági, azaz egyéni, otthoni alkalmazásait széles körben propagáltuk. Az ipari alkalmazás kifejlesztéséhez beadott pályázatainkat sajnos egyetlen egyszer sem támogatták. Igaz, a korábbi 50 mg As/liter ivóvíz határértéket a hagyományos vas(III)-hidroxidos technológiával vagy a kevésbé arzénos víz távvezetékkel elszállításával (Békés megyében 4 500 000 Ft-ért kiépítve) jórészt sikerült kielégíteni. A közeljövőben azonban az EU határértékek kényszerű átvétele, így a 10 mg As/liter határértékre csökkentés többszörösen nehéz feladat lesz. Mivel a jelenlegi ivóvizeink túlnyomó többsége nem felel meg az új határértéknek, ezért többéves és rendkívüli anyagi ráfordítást igénylő, csak új technológiák bevezetésével lehetséges fejlesztések következnek szükségszerűen.

A környezetet szennyező anyagok között ezen a tájon is jelentős az ammónia- és a foszfáttartalom. Az állattartó telepek hulladécai, a szennyvíztisztítók ugyancsak jelentős környezet-szennyezést (eutrofizációt is) okozhatnak. Más egyetemi kutatókkal közösen sikerült hatékony módszereket kialakítanunk, és a szennyezést műtrágyaként értékesíthető anyaggá alakítani.

A környezetszennyező szerves anyagok eltávolítására igen eredményesnek találtuk a polialumínium-kloridos kezelést a hazai gyártmányú BOPAC készítmények felhasználásával.

A vizek fertőtlenítésére a hidrogén-peroxidos, klór-dioxidos és az ezüstös fertőtlenítést próbáltuk ki. Az alkalmazáshoz szükséges analitikai módszereket is kialakítottuk.

A sok tapasztalat alapján időszerűvé vált a környezetvédelmi oktatás intenzifikálása. 1991-ben 12 tanszék részvételével (amelyek mindegyike ma már a SZTE Universitashoz tartozik) megalakult a **Környezet- és Természetvédelmi Kutatási-, Oktatási Regionális Centrum (KÖTKORC)**, amely feladatának tekintette a régió környezet- és természetvédelmi kutatásának és oktatásának koordinálását, segítését, ehhez közös pályázatok készítését. A KÖTKORC első elnöke 2000-ig Burger Kálmán akadémikus, a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék vezetője volt. Pályázati támogatással elindítottuk a posztgraduális környezetvédő képzést (amelynek keretében több, mint 300-an szereztek oklevelet), majd a Ph.D. környezeti kémia képzést. A környezettudományi szakképzéssel, az akkreditált felsőfokú szakképzéssel a környezeti irányultságú graduális és posztgraduális képzések rendszere jött létre. A több száz környezeti irányultságú szakdolgozat a Tanszéken tekinthető meg, vagy áttekinthető a SZTE honlapján.

A környezeti nevelés és információszolgáltatás vonatkozásában ugyancsak jelentős az a tevékenység, amelyet a Tanszék oktatóinak irányításával, közreműködésével a Szegedi Akadémiai Bizottság Analitikai és Környezetvédelmi Munkabizottsága keretében végeznek. 1990-től évente két alkalommal szerveznek legalább országos szervezésű rendezvényeket. Ezek között nemzetközi részvételű szimpóziumokat is találunk. A rendezvények előadásait önálló kiadványként is megjelentetjük.

Pigler Edit

Természetvédelem, környezetvédelem, egészségvédelem

A szerző egy műbe szándékozta integrálni a természettudományos tantárgyak egy részét. A megközelítés újszerű, elsősorban (mint a tankönyv címe is utal rá) külső és belső világunk, környezetünk védelmére helyezi a hangsúlyt a fogalmi megismertetésén túl. Az egyes témák mellé gondolkodtató feladatok társulnak, a bőséges és eredeti képanyag élvezetessé, könnyen befogadhatóvá teszi a tanul-
takat.

Kivonat a tartalomjegyzékből:

Természetvédelem:

– Megváltozott környezetünk (bolygónk, lakóhelyünk), Miért kell védenünk a természetet? Mit kell tudnunk a növényekről és az állatokról? Kirándulások, terepgyakorlatok, Erdők növényei, Az erdő ehető növényei, Erdők állatai, Száraz rétek élővilága, Gyógynövények, Nedves rétek élővilága, Vízpartok élővilága, Kultúrnövények, gyomok, Házi állatok, kerti kártevők

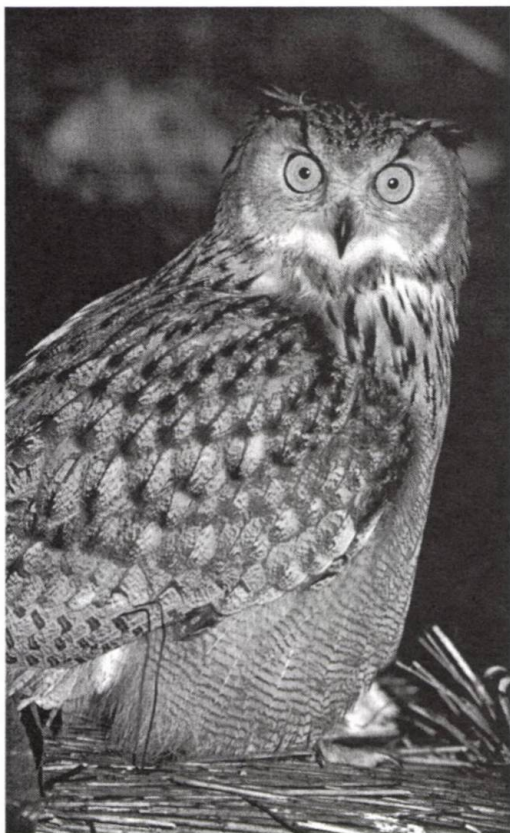
Környezetvédelem:

– Miért védjük a környezetet? A levegőt alkotó gázok, Szén-monoxid, szén-dioxid, Ózonlyuk, Üvegházhatás, Kén-dioxid, Londoni szmog, Nitrogén-dioxid és a Los Angeles-i szmog, Savas eső, Felszíni vizeink: a tenger és a folyók, Tavak (Balaton), Ivóvíz, Szennyvíztisztítás, A talaj élőlényei, a talaj szerepe, talajszennyezések, Épített környezet, nagyvárosok problémái, Fémek a háztartásban, Savak, lúgok, oldószerek a háztartásban, Tisztítószerek,

fertőtlenítőszer, Környezetbarát vásárlás, Energiafogyasztás, Kertművelés, Hulladékkezelés, Üzemlátogatás

Egészségvédelem:

– Az emberi szervezet, Betegségek, betegápolás, Balesetvédelem, elsősegélynyújtás, Szenvedélybetegségek, Lelki- és testi egészség, családi életre nevelés



MOZAIK MÓDSZERTANI NAPOK

SZEGED • 2002. november 28., Arany J. Ált. Isk., Kukovecz Nana u. 4-6.

BUDAPEST • 2002. december 3., Baross G. Ált. Isk., VII. ker., Hernád u. 42.

ÁLTALÁNOS ISKOLA					
Alsó tagozat	Történelem Magyar nyelv	Fizika Informatika	Biológia - Kémia	Földrajz Hon- és népismeret	Ének-zene Művészettörténet
1000	Olvasó és pedagógiai Ének-zene Képességfejlesztés a kompozíciósmeret tanításában	Horváth Andree – Horváth Anika: Első kéltörténelem Történelem 5., 6. osztály	Dr. Hódecs Tibor: Gondoljunk a fizikánális jelöléseiről Fizika 7., 8., 9. osztály	János Gyuláné: Hogyan folyassuk a biológiai ismeretek tanítását? Biológia 7. osztály	Kirby Kornél: A különböző éneklétező tanulóknak a tanítás módjait Ének-zene 5. osztály
1300	Szabados Anika – Árványé: Sokszínű matematika 1., 2. könyvsorozata Könyvsorozatok 1., 2.	Balkovitsné Synolter Magda: Foglalkozási ismeretek és anyanyelv a térszervezésben Anyanyelv 5., 6., 7. osztály	Rozsnyai-Boros Ferenc: Számítástechnika 5–10.	Dr. Siposné dr. Kádor Éva: A képességfejlesztés lehetőségei a kémia tanításában Kémia 7–10. osztály	Makódi Mariann: Hogyan tanítsunk hon- és népismereteket? – 8. válogatott 5., 6. osztály
1400	Kosztolányi József – Urban János: Sokszínű matematika 9., 10., 11. osztály	Lerchné dr. Egri Zsuzsa: A stílus, mint az önértékelés eszköze Anyanyelv 9., 10. osztály	Jurits József: Nem elérhető fizika Fizika 10. osztály	Gál Béla: A biológia szerepe a mindennapi életben Gimnázium 10. osztály	Makódi Mariann: Tanulási technikák a földrajzban

www.kozepiskola.hu

www.kozepiskola.hu

www.altalanosiskola.hu

Szeretettel várjuk Önöket a kiadó továbbképzéssel egybekötött tankönyvbemutatójára.

Kérjük, részvételi szándékukat november 26-ig jelezzék levélben a 6701 Szeged, Pf. 301.,

e-mailen a rendeles@mozaik.info.hu címen, vagy a (62) 470-101 telefonszámon.

A rendezvényen a részvétel ingyenes. Tankönyveink a helyszínen 30% kedvezménnyel megvásárolhatók.

www.mozaik.info.hu

MOZAIK